

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application: 2000年 7月 6日

出 願 番 号

Application Number: 特願2000-205926

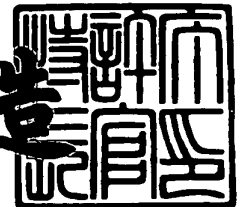
出 願 人

Applicant(s): ソニー株式会社

2001年 5月30日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3047755

【書類名】 特許願

【整理番号】 0000373204

【提出日】 平成12年 7月 6日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 中塩 栄治

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 尾上 精二

【発明者】

【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社
内

【氏名】 菅原 淳一

【特許出願人】

【識別番号】 000002185

【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代表者】 出井 伸之

【代理人】

【識別番号】 100067736

【弁理士】

【氏名又は名称】 小池 晃

【選任した代理人】

【識別番号】 100086335

【弁理士】

【氏名又は名称】 田村 榮一

【選任した代理人】

【識別番号】 100096677

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊賀 誠司

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019530

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9707387

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気トンネル効果型磁気ヘッド及び記録再生装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 一对の磁気シールド層の間に導電性ギャップ層を介して磁気トンネル接合素子が配されてなる磁気トンネル効果型磁気ヘッドにおいて、

上記導電性ギャップ層は、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する少なくとも1層以上の非磁性金属膜からなること

を特徴とする磁気トンネル効果型磁気ヘッド。

【請求項2】 上記導電性ギャップ層は、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する金属層と、Al, Pt, Cu, Auのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する金属層とを有する少なくとも2層以上の非磁性金属膜からなること

を特徴とする請求項1記載の磁気トンネル効果型磁気ヘッド。

【請求項3】 一对の磁気シールド層の間に導電性ギャップ層を介して磁気トンネル接合素子が配されてなる磁気トンネル効果型磁気ヘッドにおいて、

上記導電性ギャップ層は、Al, Pt, Cu, Au, Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる2種類以上の元素からなる合金を含有する少なくとも1層以上の非磁性金属膜からなること

を特徴とする磁気トンネル効果型磁気ヘッド。

【請求項4】 一对の磁気シールド層の間に導電性ギャップ層を介して磁気トンネル接合素子が配されてなる磁気トンネル効果型磁気ヘッドを用いて、磁気記録媒体に対する信号の記録及び／又は再生を行う記録再生装置において、

上記磁気トンネル効果型磁気ヘッドの上記導電性ギャップ層は、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する少なくとも1層以上の非磁性金属膜からなること

を特徴とする記録再生装置。

【請求項5】 上記導電性ギャップ層は、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する金属層と、Al, Pt

、 Cu, Au のうちから選ばれる 1 種の金属単体を含有する金属層とを有する少なくとも 2 層以上の非磁性金属膜からなること

を特徴とする請求項 4 記載の記録再生装置。

【請求項 6】 一対の磁気シールド層の間に導電性ギャップ層を介して磁気トンネル接合素子が配されてなる磁気トンネル効果型磁気ヘッドを用いて、磁気記録媒体に対する信号の記録及び／又は再生を行う記録再生装置において、

上記磁気トンネル効果型磁気ヘッドの上記導電性ギャップ層は、Al, Pt, Cu, Au, Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zr のうちから選ばれる 2 種類以上の元素からなる合金を含有する少なくとも 1 層以上の非磁性金属膜からなること

を特徴とする記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一対の磁気シールド層の間に導電性ギャップ層を介して磁気トンネル接合素子が配されてなる磁気トンネル効果型磁気ヘッド、並びにそのような磁気トンネル効果型磁気ヘッドを用いて、磁気記録媒体に対する信号の記録及び／又は再生を行う記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、一対の磁性層で薄い絶縁層を挟持してなる積層構造において、一対の磁性層間に所定の電圧を印加すると、絶縁層を介して流れる、いわゆるトンネル電流のコンダクタンスが一対の磁性層の磁化の相対角度に依存して変化する、いわゆる磁気トンネル効果が知られている。すなわち、一対の磁性層で薄い絶縁層を挟持してなる積層構造では、絶縁層に流れるトンネル電流に対する磁気抵抗効果を示すのである。

【0003】

この磁気トンネル効果では、一対の磁性層の磁化の分極率により磁気抵抗比を理論的に算出でき、特に、一対の磁性層に Fe を用いた場合には、約 40% の磁

気抵抗比を期待することができる。

【0004】

このため、一对の磁性層で薄い絶縁層を挟持してなる積層構造を有する磁気トンネル接合素子（以下、TMR素子という。）が磁気抵抗効果素子として注目を集めており、特に、磁気ヘッドの分野において、このTMR素子を磁気記録媒体からの磁気信号を検出する感磁素子として用いる、いわゆる磁気トンネル効果型磁気ヘッド（以下、TMRヘッドという。）が注目されている。

【0005】

ここで、このようなTMRヘッドの一例を図45に示す。なお、図45は、このTMRヘッド100を媒体対向面側から見た概略端面図である。

【0006】

このTMRヘッド100は、上下一対の磁気シールド層101、102によりギャップ層103を介してTMR素子104が挟み込まれてなる、いわゆるシールド型TMRヘッドであり、これら各構成要素が薄膜積層工程によって基板105上に積層された構造を有している。このTMRヘッド100において、一对の磁気シールド層101、102は、TMR素子104に対する電極としての機能を有しており、これらの間には、ギャップ層103のうち、一对のシールド層101とTMR素子104とを電気的に接続する非磁性導電性膜106、107が配されている。また、このTMRヘッド100では、非磁性導電性膜107の突出部107aと当接された部分が、このTMR素子104の感磁部104aとなり、この幅が再生トラック幅Twとされている。

【0007】

一方、図46に示す従来のシールド型MRヘッド200は、上下一対の磁気シールド層201、202によりギャップ層203を介してMR素子204及びその両端部に形成された一对の導電膜205、206が挟持されてなり、これら各構成要素が薄膜形成工程によって基板207上に積層された構造を有している。また、このMRヘッド200では、一对の導電膜205、206に挟み込まれた部分が、このMR素子204の感磁部204aとなり、この幅が再生トラック幅Twとされている。なお、図46は、このMRヘッド200を媒体対向面側から

見た概略端面図である。

【0008】

このシールド型MRヘッド200では、高記録密度化に対応して挟ギャップ化が進むと、ギャップ層203を形成する非磁性非導電性膜の膜厚が薄くなる。特に、上層側の非磁性非導電性膜は、MR素子204の両端部に配された一对の導電体膜205、206が段差部を形成するために、このような段差部上に非磁性非導電性膜を成膜する場合、全面に亘って均一な膜厚で成膜することが困難となる。そして、磁気記録媒体に対して高密度で記録された信号の再生を行うために、一对の磁気シールド層201、202とMR素子204との間の距離、すなわちシールド間距離を狭くした場合には、この一对の磁気シールド層201、202とMR素子204との絶縁性を確保することが非常に困難となってしまう。

【0009】

それに対して、図45に示すTMRヘッド100では、一对の磁気シールド層101、102が電極としての機能を果たすことにより、ギャップ層103の膜厚を薄くすることができ、一对の磁気シールド層101、102とTMR素子104との間の距離を狭くすることができる。したがって、このTMRヘッド100では、挟ギャップ化が可能となり、磁気記録媒体のさらなる高記録密度化に対応することが可能となる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述したようなTMRヘッド100を製造する際は、例えば略円盤状の基板を用意し、この基板の上にTMRヘッド100の各構成要素を薄膜形成工程によって順次積層した後、この基板を個々のヘッドチップとして切り出すことにより、複数のTMRヘッド100が一括して作製されることとなる。

【0011】

しかしながら、このTMRヘッド100の作製工程において、定盤を用いた研磨加工によりTMR素子104のデプス方向の高さを調整した際に、ギャップ層103を構成する非磁性導電性膜106、107が研磨されずに引き伸ばされてしまい、このTMR素子104を挟み込む一对の磁気シールド層101、102

の電氣的な短絡を生じさせてしまうことがあった。すなわち、作製されたTMRヘッド100の媒体対向面には、図47に示すような非磁性導電性膜106, 107が引き伸ばされてなる欠陥部分108が生じてしまうことがあった。

【0012】

この場合、作製されたTMRヘッド100では、TMR素子104の感磁部104aに電流が流れずに、磁気記録媒体からの再生出力がほとんど検出されないといった不具合が生ずることとなる。

【0013】

そこで、本発明はこのような従来の事情に鑑みて提案されたものであり、一対の磁気シールド層の間に導電性ギャップ層を介して磁気トンネル接合素子が挟み込まれてなる構造において、磁気記録媒体に対する良好な媒体対向面を得ることを可能とすることにより、歩留りの向上した高品質の磁気トンネル効果型磁気ヘッド、並びにそのような磁気抵抗効果型磁気ヘッドを用いて磁気記録媒体に対する信号の記録及び／又は再生を行う記録再生装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】

この目的を達成する本発明に係る磁気トンネル効果型磁気ヘッドは、一対の磁気シールド層の間に導電性ギャップ層を介して磁気トンネル接合素子が配されてなる磁気トンネル効果型磁気ヘッドである。そして、導電性ギャップ層は、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する少なくとも1層以上の非磁性金属膜からなることを特徴とする。

【0015】

この磁気トンネル効果型磁気ヘッドでは、導電性ギャップ層が、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する少なくとも1層以上の非磁性金属膜からなることから、磁気記録媒体に対する良好な媒体対向面を得ることができる。

【0016】

また、この目的を達成する本発明に係る磁気トンネル効果型磁気ヘッドは、一対の磁気シールド層の間に導電性ギャップ層を介して磁気トンネル接合素子が配

されてなる磁気トンネル効果型磁気ヘッドである。そして、導電性ギャップ層は、Al, Pt, Cu, Au, Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる2種類以上の元素からなる合金を含有する少なくとも1層以上の非磁性金属膜からなることを特徴とする。

【0017】

この磁気トンネル効果型磁気ヘッドでは、導電性ギャップ層が、Al, Pt, Cu, Au, Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる2種類以上の元素からなる合金を含有する少なくとも1層以上の非磁性金属膜からなることから、磁気記録媒体に対する良好な媒体対向面を得ることができる。

【0018】

また、この目的を達成する本発明に係る記録再生装置は、一対の磁気シールド層の間に導電性ギャップ層を介して磁気トンネル接合素子が配されてなる磁気トンネル効果型磁気ヘッドを用いて、磁気記録媒体に対する信号の記録及び／又は再生を行う記録再生装置である。そして、磁気トンネル効果型磁気ヘッドの導電性ギャップ層は、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する少なくとも1層以上の非磁性金属膜からなることを特徴とする。

【0019】

この記録再生装置では、磁気トンネル効果型磁気ヘッドの導電性ギャップ層が、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する少なくとも1層以上の非磁性金属膜からなることから、この磁気トンネル効果型磁気ヘッドが磁気記録媒体に対して良好な媒体対向面を得ることができる。したがって、この記録再生装置では、磁気記録媒体に対する信号の再生を適切に行うことができる。

【0020】

また、この目的を達成する本発明に係る記録再生装置は、一対の磁気シールド層の間に導電性ギャップ層を介して磁気トンネル接合素子が配されてなる磁気トンネル効果型磁気ヘッドを用いて、磁気記録媒体に対する信号の記録及び／又は再生を行う記録再生装置である。そして、磁気トンネル効果型磁気ヘッドの導電

性ギャップ層は、Al, Pt, Cu, Au, Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる2種類以上の元素からなる合金を含有する少なくとも1層以上の非磁性金属膜からなることを特徴とする。

【0021】

この記録再生装置では、磁気トンネル効果型磁気ヘッドの導電性ギャップ層が、Al, Pt, Cu, Au, Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる2種類以上の元素からなる合金を含有する少なくとも1層以上の非磁性金属膜からなることから、この磁気トンネル効果型磁気ヘッドが磁気記録媒体に対して良好な媒体対向面を得ることができる。したがって、この記録再生装置では、磁気記録媒体に対する信号の再生を適切に行うことができる。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0023】

なお、以下の説明で用いる図面は、特徴をわかりやすくするために、特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率が実際と同じであるとは限らない。

【0024】

本発明の実施の形態として図1に示すハードディスクドライブ装置は、図示を省略する筐体の内部に設けられた装置本体1のシャーシ2上に、スピンドルモータにより回転駆動される磁気ディスク3と、この磁気ディスク3に対して情報信号の記録又は再生を行う磁気ヘッドが搭載されたヘッドスライダ4を先端部に有するヘッドアクチュエータ5とを備えている。

【0025】

また、このハードディスクドライブ装置は、シャーシ2の磁気ディスク3やヘッドアクチュエータ5等が実装される面とは反対側のシャーシ2上に、記録再生時に信号処理等を行う信号処理回路や、磁気ヘッドのサーボ制御等を行うサーボ制御回路、システム全体の制御を行うシステムコントローラ等の各制御回路6を備えている。

【 0 0 2 6 】

磁気ディスク 3 は、いわゆるハードディスクであり、略中央部に中心孔を有する略円盤状のディスク基板上に、磁性層及び保護層等が順次積層されてなる。そして、このハードディスクドライブ装置では、複数枚の磁気ディスク 3 が、その中心孔をスピンドルモータの回転軸 7 と嵌合しながらクランパ 8 により固定されており、制御回路により駆動制御されるスピンドルモータの回転に伴って、図 1 中矢印 A の方向に所定の速度にて回転駆動されるようになされている。

【 0 0 2 7 】

ヘッドアクチュエータ 5 は、その支軸 9 を中心として回動される支持アーム 1 0 と、この支持アーム 1 0 の一端側に設けられたボイスコイルモータ 1 1 と、この支持アーム 1 0 の他端側に取り付けられた所定の弾性を有するサスペンション 1 2 と、このサスペンション 1 2 の先端部に取り付けられた上記ヘッドスライダ 4 とを備えている。

【 0 0 2 8 】

ボイスコイルモータ 1 1 は、支持アーム 1 0 側に取り付けられたコイル 1 3 と、このコイル 1 3 と対向するシャーシ 2 側に取り付けられたマグネット 1 4 とを有し、コイル 1 3 に電流が供給されることにより磁界が発生し、このコイル 1 3 と対向配置されたマグネット 1 4 との磁氣的作用により、支持アーム 1 0 が支軸 9 を中心として図 1 中矢印 B 方向、すなわち磁気ディスク 3 の径方向に沿って所定の角度だけ回動するようになされている。

【 0 0 2 9 】

また、サスペンション 1 2 は、その先端部にヘッドスライダ 4 が取り付けられており、このヘッドスライダ 4 を支持しながら、弾性力により磁気ディスク 3 側へと付勢している。

【 0 0 3 0 】

ヘッドスライダ 4 は、図 1 及び図 2 に示すように、略矩形状に成形されてなり、各磁気ディスク 3 に対応して複数設けられた支持アーム 1 0 の各サスペンション 1 2 の先端部に、それぞれ磁気ディスク 3 の信号記録面と相対向するように支持されている。また、ヘッドスライダ 4 には、磁気ディスク 3 と対向する面（以

下、媒体対向面という。) 4 a に、この磁気ディスク 3 の回転に伴って発生する空気流により浮上力を発生させるための空気潤滑面 (A B S 面) が形成されている。

【 0 0 3 1 】

すなわち、サスペンション 1 2 の先端部に取り付けられたヘッドスライダ 4 は、磁気ディスク 3 の回転により生じる空気流を受けて、この磁気ディスク 3 上を所定の浮上量で浮上しながら、このヘッドスライダ 4 に搭載された磁気ヘッド 2 0 が、磁気ディスク 3 の信号記録面に対して信号の記録又は再生を行うようになされている。なお、ヘッドスライダ 4 の空気潤滑面の形状は、特に限定されるものではなく、任意の形状とすることが可能である。

【 0 0 3 2 】

磁気ヘッド 2 0 は、図 1 中矢印 A 方向に回転駆動される磁気ディスク 3 に対して、浮上走行するヘッドスライダ 4 の後端部に位置して設けられている。

【 0 0 3 3 】

この磁気ヘッド 2 0 は、図 2 及び図 3 に示すように、例えば再生ヘッド部として、磁気トンネル効果型磁気ヘッド (以下、TMR ヘッドという。) 2 1 と、記録ヘッド部として、インダクティブ型薄膜ヘッド 2 2 とを組み合わせた複合型の薄膜磁気ヘッドである。なお、図 3 は、この磁気ヘッド 2 0 を媒体対向面 4 a の側から見た概略端面図である。

【 0 0 3 4 】

この磁気ヘッド 2 0 では、例えばメッキ法や、スパッタ法等の薄膜形成技術により、上記再生ヘッド部及び記録ヘッド部の各構成要素を形成することから、挟トラック化や挟ギャップ化等の微細寸法化が容易であり、高分解能での記録再生が可能であるといった利点を有している。

【 0 0 3 5 】

具体的に、この磁気ヘッド 2 0 は、詳細を後述する薄膜積層工程によって、例えばアルミナチタンカーバイト ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$) 等の硬質の非磁性材料からなる基板 2 3 上に、再生ヘッド部として、磁気トンネル効果を利用した磁気ディスク 3 に対する信号の再生を行う TMR ヘッド 2 1 と、この TMR ヘッド 2 1 上

に、記録ヘッド部として、電磁誘導を利用した磁気ディスク 3 に対する信号の記録を行うインダクティブ型薄膜ヘッド 2 2 とが積層されてなる。また、磁気ヘッド 2 0 においては、再生ヘッド部及び記録ヘッド部を構成する各構成要素が媒体対向面 4 a から外方に臨んで略同一端面を構成している。

【 0 0 3 6 】

このうち、TMRヘッド 2 1 は、上下一対の磁気シールド層によりシールドギャップ層を介して磁気トンネル接合素子（以下、TMR素子という。）が挟み込まれてなる、いわゆるシールド型TMRヘッドである。詳述すると、このTMRヘッド 2 1 は、基板 2 3 上に形成された下層シールド層 2 4 と、この下層シールド層 2 4 上に形成された下層非磁性導電性層 2 5 と、この下層非磁性導電性層 2 5 上に形成されたTMR素子 2 6 と、このTMR素子 2 6 上に形成された上層非磁性導電性層 2 7 と、この上層非磁性導電性層 2 7 上に形成された上層シールド層 2 8 とを有し、これら基板 2 3 から上層シールド層 2 8 に至る隙間部分には、例えば Al_2O_3 等の非磁性非導電性材料 2 9 が配されている。

【 0 0 3 7 】

TMR素子 2 6 は、磁気トンネル効果を利用して磁気ディスク 3 からの信号を検出する感磁素子であり、このTMR素子 2 6 を流れるトンネル電流のコンダクタンスが、磁気ディスク 3 からの磁界によって磁化される方向に依存して変化する、いわゆる磁気トンネル効果を利用して、このトンネル電流の電圧変化を検出し、磁気ディスク 3 に記録された信号を読み取るようになされている。

【 0 0 3 8 】

具体的に、このTMR素子 2 6 は、所定の方向に磁化が固定された磁化固定層 3 0 と、外部磁界に応じて磁化方向を変化させる磁化自由層 3 1 とが、トンネル障壁層 3 2 を介して積層された磁気トンネル接合膜 3 3 を有している。

【 0 0 3 9 】

この磁気トンネル接合膜 3 3 において、磁気化固定層 3 0 は、例えば、下層非磁性導電性層 2 5 上に形成された下層となる膜厚 3 nm の Ta 膜上に、膜厚 3 nm の NiFe 膜と、膜厚 10 nm の IrMn 膜と、膜厚 4 nm の CoFe 膜とが順次積層された 3 層構造とされている。このうち、IrMn 膜は、反強磁性膜で

あり、C o F e 膜との間で交換結合しており、このC o F e 膜の磁化方向を所定の方向に固定している。

【 0 0 4 0 】

また、トンネル障壁層 3 2 は、磁化固定層 3 0 のC o F e 膜上に、絶縁層として、例えば膜厚 1 . 3 n m の A l の酸化膜 (A l ₂ O ₃) が積層されてなる。

【 0 0 4 1 】

また、磁化自由層 3 1 は、トンネル障壁層 3 上に、例えば膜厚 4 n m のC o F e 膜と、膜厚 5 n m の N i F e 膜とが順次積層された 2 層構造とされている。そして、この磁化自由層 3 1 上に、例えば上層となる膜厚 5 n m の T a 膜が形成されている。このうち、C o F e 膜は、スピン分極率を増加させるためのものである。N i F e 膜は、その保持力が低く、外部磁界に応じて磁化の方向が変化することになり、これらが TMR 素子 2 6 の感磁部 2 6 a となっている。

【 0 0 4 2 】

磁気トンネル接合膜 3 3 では、このようなスピバルブ型の積層構造とすることにより、この TMR 素子 2 6 の磁気抵抗比を大きくすることができる。なお、磁気トンネル接合膜 3 3 を構成する各層の材料及びその膜厚は、以上の例に限定されるものではなく、TMR 素子 2 6 の使用目的等に応じて適切な材料を選択し、適切な膜厚に設定すればよい。

【 0 0 4 3 】

また、この TMR 素子 2 6 は、磁気トンネル接合膜 3 3 のうち、この TMR 素子 2 6 の感磁部 2 6 a となる部分を残して、磁化自由層 3 1 から磁化固定層 3 0 の中途部に至るまでエッチングされることにより、その磁気ディスク 3 に対するトラック幅 T w ₁ が規制されている。なお、ここでは、トラック幅 T w ₁ を約 5 μ m としたが、システムの要求等に応じて適切な値に設定すればよい。

【 0 0 4 4 】

また、TMR ヘッド 2 1 では、TMR 素子 2 6 にトンネル障壁層 3 2 を介してトンネル電流が流れるように、下層シールド層 2 4 及び下層非磁性導電性層 2 5 が、TMR 素子 2 6 の磁化固定層 3 0 に対する電極として機能しており、上層シールド層 2 8 及び上層非磁性導電性層 2 7 が、磁化自由層 3 1 に対する電極とし

て機能している。

【0045】

具体的に、下層非磁性導電性層25は、TMR素子26の磁化固定層30と下層シールド層24とが電氣的に接続されるように配されている。一方、上層非磁性導電性層27は、TMR素子26の感磁部26aとなる部分に当接する突出部27aを有し、この突出部27aを通して、TMR素子26の磁化自由層31と上層シールド層28とが電氣的に接続されるように配されている。

【0046】

また、下層非磁性導電性層25及び上層非磁性導電性層27は、TMR素子26と下層シールド層24及び上層シールド層28との間の隙間部分に配された非磁性非導電性材料29と共に、シールドギャップ層を構成しており、このTMR素子26と下層シールド層24及び上層シールド層28との間を磁氣的に隔離している。

【0047】

下層シールド層24及び上層シールド層28は、導電性を有する軟磁性材料からなり、例えば膜厚2.3 μ mのCoZrNbTaからなるアモルファス積層膜により形成されている。そして、下層シールド層24及び上層シールド層28は、下層非磁性導電性層25及び上層非磁性導電性層27を介してTMR素子26に電気を供給するようになされている。

【0048】

また、下層シールド層24及び上層シールド層28は、TMR素子26を磁氣的にシールドするのに十分な幅を有し、下層非磁性導電性層25及び上層非磁性導電性層27を介してTMR素子26を挟み込むことにより、磁気ディスク3からの信号磁界のうち、再生対象外の磁界がTMR素子26に引き込まれないように機能する一対の磁気シールド層を構成している。すなわち、TMRヘッド21においては、TMR素子26に対して再生対象外の信号磁界が下層シールド層24及び上層シールド層28に導かれ、再生対象の信号磁界だけがTMR素子26に導かれる。これにより、TMRヘッド21では、TMR素子26の周波数特性及び読み取り分解能の向上が図られている。

【 0 0 4 9 】

なお、TMRヘッド21では、この下層シールド層24及び上層シールド層28とTMR素子26との間の距離が、いわゆるシールド間距離（ギャップ長）とされている。

【 0 0 5 0 】

また、TMRヘッド21には、図2に示すように、下層シールド層24及び上層シールド層28と電氣的に接続された引き出し導線34a、34bがそれぞれ設けられており、この引き出し導線34a、34bの端部に、外部接続用端子35a、35bが、ヘッドスライダ4の後端部側の端面から外部に臨むようにそれぞれ設けられている。

【 0 0 5 1 】

引き出し導線34a、34bは、例えばCu等の導電性材料により薄膜形成されている。また、外部接続用端子35a、35bは、例えば金（Au）等の導電性材料からなり、同じく金（Au）からなる導線がワイヤーボンディング等によりサスペンション12側に設けられた配線端子と電氣的に接続されることで外部回路との接触が可能となっている。

【 0 0 5 2 】

一方、インダクティブ型薄膜ヘッド22は、図2及び図3に示すように、上層シールド層28と同一部材である下層コア層36と、この下層コア層36上に磁気ギャップ37を介して設けられた上層コア層38と、この上層コア層38に接合されると共に、媒体対向面4aから離間した他端側にて下層コア層36とバックギャップを構成するバックヨーク39とを有し、これら下層コア層36から上層コア層38上に至る隙間部分には、例えば Al_2O_3 等の非磁性非導電性材料29が配されている。

【 0 0 5 3 】

また、インダクティブ型薄膜ヘッド22には、下層コア層36とバックヨーク39との間に位置して、バックギャップを中心に巻回された薄膜コイル40と、この薄膜コイル40の内周側の端部及び外周側の端部と電氣的に接続された引き出し導線41a、41bとが設けられており、これら引き出し導線41a、41

bの端部に外部接続用端子42a, 42bがヘッドスライダ4の後端部側の端面から外部に臨むように設けられている。

【0054】

下層コア層36、上層コア層38及びバックヨーク39は、閉磁路となる磁気コアを構成するものである。このうち、上層コア層38は、例えばアモルファス積層膜等の導電性を有する軟磁性材料が所定の幅に成形されてなり、非磁性非導電性材料29を介して下層コア層36と対向配置されることにより、磁気ギャップ37が形成され、この幅がトラック幅 Tw_2 とされている。なお、このトラック幅 Tw_2 は、システムの要求等に応じて適切な値に設定すればよい。

【0055】

なお、このインダクティブ型薄膜ヘッド22では、所定のトラック幅 Tw_2 となる上層コア層38と対向して下層コア層36に凸部を形成することにより、磁気ギャップ37で生じる漏れ磁界を細くすることが可能であり、微細な磁気信号を磁気ディスク3に高精度に記録することが可能となる。

【0056】

薄膜コイル40は、例えばCu等の導電性材料がスパイラル状に薄膜形成されてなる。

【0057】

引き出し導線41a, 41bは、上述した引き出し導線34と同様に、例えばCu等の導電性材料により薄膜形成されている。

【0058】

また、外部接続用端子42a, 42bは、上述した外部接続用端子35と同様に、例えば金(Au)等の導電性材料からなり、同じく金(Au)からなる導線がワイヤーボンディング等によりサスペンション12側に設けられた配線端子と電氣的に接続されることで外部回路との接触が可能となっている。

【0059】

なお、磁気ヘッド20には、ヘッドスライダ4の後端部側の端面上に、外部接続用端子35, 42が外部に臨む部分を除いて、例えば Al_2O_3 等の非磁性非導電性材料29からなる保護膜が成膜されており、薄膜コイル40及び引き出し導

線34、41の保護を図っている。

【0060】

以上のように構成される磁気ヘッド20において、TMRヘッド21を用いて磁気ディスク3に対する信号の再生を行う際には、TMR素子26の磁化固定層30と磁化自由層31との間に所定の電圧を印加する。このとき、TMR素子26のトンネル障壁層32を介して流れるトンネル電流のコンダクタンスが、磁気ディスク3からの信号磁界に応じて変化する。このため、TMRヘッド21では、TMR素子26に流れるトンネル電流の電圧値が変化することとなり、このTMR素子26の電圧値の変化を検出することによって、磁気ディスク3に対する信号の再生を行うことができる。

【0061】

一方、インダクティブ型薄膜ヘッド22を用いて磁気ディスク3に対する信号の記録を行う際には、薄膜コイル40に記録する信号に応じた電流が供給される。このとき、インダクティブ型薄膜ヘッド22には、薄膜コイル40から発生する磁界により、磁気コアに磁束が流れると共に、磁気ギャップ37から漏れ磁界が発生する。そして、インダクティブ型薄膜ヘッド22では、この漏れ磁界を磁気ディスク3に対して印加していくことにより信号の記録を行うことができる。

【0062】

ところで、この磁気ヘッド20において、再生ヘッド部となるTMRヘッド21は、本発明を適用した磁気トンネル効果型磁気ヘッドであり、このTMRヘッド21の下層非磁性導電性層25及び上層非磁性導電性層27が、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する少なくとも1層以上の非磁性金属膜からなることを特徴としている。

【0063】

すなわち、この下層非磁性導電性層25及び上層非磁性導電性層27は、非磁性金属膜として、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する単層膜、或いは、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する少なくとも2層以上の積層膜からなることを特徴としている。

【0064】

ここで、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrは、従来から非磁性金属膜として用いられているAlよりも、機械的特性の優れた比較的硬い非磁性導電性材料である。

【0065】

この場合、TMRヘッド21では、非磁性金属膜として、このようなAlよりも機械的特性の優れた非磁性導電性材料を用いることにより、後述する作製工程において、媒体対向面4aとなる面に対して研磨加工を施した際に、これら上層及び下層非磁性導電性層25, 27となる非磁性金属膜が研磨されずに引き伸ばされてしまい、このTMRヘッド21の媒体対向面4aに、非磁性金属膜の引き伸ばしによる欠陥が生じてしまうといったことを防ぐことができる。

【0066】

また、TMRヘッド21において、下層非磁性導電性層25及び上層非磁性導電性層27は、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する金属層と、Al, Pt, Cu, Auのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する金属層とを有する少なくとも2層以上の非磁性金属膜からなる構成であってもよい。

【0067】

すなわち、この下層非磁性導電性層25及び上層非磁性導電性層27は、非磁性金属膜として、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する金属膜と、Al, Pt, Cu, Auのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する金属膜とを2層以上に亘って積層させた積層膜からなる構成であってもよい。

【0068】

この場合も、TMRヘッド21では、後述する作製工程において、媒体対向面4aとなる面に対して研磨加工を施した際に、これら上層及び下層非磁性導電性層25, 27となる非磁性金属膜が研磨されずに引き伸ばされてしまい、このTMRヘッド21の媒体対向面4aに、非磁性金属膜の引き伸ばしによる欠陥が生じてしまうといったことを防ぐことができる。

【0069】

また、この場合には、非磁性金属膜の2層以上に亘って積層された積層膜のうち、Al, Pt, Cu, Auのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する金属膜が、良好な表面粗さを有し、平滑性に優れた面を形成することが可能である。そして、この平滑性の優れた金属膜を下層非磁性導電性層25となる非磁性金属膜に用いることによって、この下層非磁性導電性層25上に形成されるTMR素子26において、磁化固定層30と磁化自由層31との間で極めて薄い絶縁膜であるトンネル障壁層32が破断し、この磁化固定層30と磁化自由層31との接触による電氣的な短絡が生じてしまうといったことを防ぐことができる。

【0070】

したがって、このTMRヘッド21では、TMR素子26の磁気抵抗比が低下してしまうのを防ぐことができ、安定した再生出力を得ることができる。

【0071】

また、TMRヘッド21において、下層非磁性導電性層25及び上層非磁性導電性層27は、Al, Pt, Cu, Au, Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる2種類以上の元素からなる合金を含有する少なくとも1層以上の非磁性金属膜からなる構成であってもよい。

【0072】

すなわち、この下層非磁性導電性層25及び上層非磁性導電性層27は、Al, Pt, Cu, Au, Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる2種類以上の元素からなる合金を含有する単層膜、或いは、Al, Pt, Cu, Au, Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる2種類以上の元素からなる合金を含有する少なくとも2層以上の積層膜からなる構成であってもよい。

【0073】

この場合も、TMRヘッド21では、後述する作製工程において、媒体対向面4aとなる面に対して研磨加工を施した際に、これら上層及び下層非磁性導電性層25, 27となる非磁性金属膜が研磨されずに引き伸ばされてしまい、このTMRヘッド21の媒体対向面4aに、非磁性金属膜の引き伸ばしによる欠陥が生

じてしまうといったことを防ぐことができる。

【0074】

また、このTMR素子26では、磁化固定層30と磁化自由層31との間で極めて薄い絶縁膜であるトンネル障壁層32が破断し、この磁化固定層30と磁化自由層31との接触による電氣的な短絡が生じてしまうといったことを防ぐことができる。

【0075】

以上のように、このTMRヘッド21では、磁気ディスク3に対して良好な媒体対向面4aを得ることが可能であり、TMR素子26と下層シールド層24及び上層シールド層28との挟ギャップ化が可能なことから、磁気記録媒体のさらなる高密度化に対応することが可能である。

【0076】

また、このハードディスクドライブ装置では、TMRヘッド21が磁気ディスク3に対して良好な媒体対向面4aを得ることが可能なことから、安定した再生出力を得ることが可能となり、磁気ディスク3に対する信号の再生を適切に行うことが可能である。

【0077】

次に、上述した磁気ヘッド20を搭載するヘッドスライダ4の製造方法について説明する。

【0078】

なお、以下の説明で用いる図面は、特徴をわかりやすく図示するために、図1乃至図3と同様に、特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率が実際と同じであるとは限らない。また、以下の説明では、磁気ヘッド20を構成する各構成要素並びにその材料、大きさ及び膜厚等について具体的な例を挙げるが、本発明は以下の例に限定されるものではない。例えば、以下の説明では、ハードディスク装置等で実用化されているものと同様な構造を有する、いわゆるシールド型TMRヘッドを用いた例を挙げるが、軟磁性体を磁気回路の一部とする、いわゆるヨーク型構造の磁気ヘッド等であってもよく、このような例に必ずしも限定されるものではない。

【0079】

この磁気ヘッド20を作製する際は、先ず、図4及び図5に示すように、例えば直径4インチ程度の円盤状の基板50を用意し、この基板50の表面に対して鏡面加工を施す。そして、この基板50上に、上記下層シールド層24となる第1の軟磁性膜51をスパッタリング等により成膜する。なお、図5は、図4中に示す線分 X_1-X_1' による概略断面図である。

【0080】

この基板50は、最終的に上記磁気ヘッド20の基板23となるものであり、この主面上に磁気ヘッド20の各構成要素が薄膜形成工程によって順次積層された後、この基板50を個々のヘッドチップとして切り出すことにより、磁気ヘッド20を搭載する上記ヘッドスライダ4が一括して複数作製されることとなる。

【0081】

なお、この基板50の材料としては、アルミナチタンカーバイド(Al_2O_3-TiC)等が好適である。一方、第1の軟磁性膜51としては、例えば膜厚2.3 μm の $CoZrNbTa$ からなるアモルファス積層膜を成膜した。

【0082】

次に、第1の軟磁性膜51上に、フォトリソグロフを塗布し、硬化させることによりレジスト層を形成する。そして、フォトリソグラフィ技術を用いて、このレジスト層を所定の形状にパターニングすることにより、図6及び図7に示すような第1のレジストパターン52を形成する。具体的に、レジスト層を所定の形状にパターニングする際は、先ず、所望するパターンに対応するようにレジスト層を露光する。次に、露光した箇所のレジスト層を現像液にて溶解して除去した後、ポストバーク処理を施す。これにより、所定の形状とされたレジストパターンが得られる。なお、図7は、図6中に示す線分 X_2-X_2' による概略断面図である。

【0083】

次に、この第1のレジストパターン52をマスクとして、ドライエッチングにより第1の軟磁性膜51に対してエッチングを行った後、この第1のレジストパターン52を第1の軟磁性膜51上から除去する。これにより、図8及び図9に

示すような上記下層シールド層 2 4 が複数形成される。なお、下層シールド層 2 4 の形状は、後工程で形成される TMR 素子 2 6 の下層側を磁氣的にシールドするのに十分な大きさとなるようにしておく。なお、図 9 は、図 8 中に示す線分 $X_3 - X_3'$ による概略断面図である。

【 0 0 8 4 】

次に、図 1 0 及び図 1 1 に示すように、この基板 5 0 の全面に亘って、スパッタリング等により、例えば Al_2O_3 等からなる第 1 の非磁性非導電性膜 5 3 を成膜した後、この基板 5 0 上に複数形成された下層シールド層 2 4 が露出するまで研磨する。これにより、基板 5 0 と下層シールド層 2 4 との間に第 1 の非磁性非導電性膜 5 3 が埋め込まれ、基板 5 0 上の下層シールド層 2 4 が形成されていない部分との段差が無くなり平坦化される。なお、図 1 1 は、図 1 0 中に示す線分 $X_4 - X_4'$ による概略断面図である。

【 0 0 8 5 】

次に、図 1 2 及び図 1 3 に示すように、平坦化された基板 5 0 上に、上記下層非磁性導電性層 2 5 となる第 1 の非磁性導電性膜 5 4 をスパッタリング等により成膜する。この第 1 の非磁性導電性膜 5 4 は、上述した非磁性金属膜であり、その膜厚は磁気記録媒体に記録された信号の周波数等に応じて適切な値に設定すればよく、例えば 1 0 0 nm 程度とする。なお、図 1 3 は、図 1 2 中に示す線分 $X_5 - X_5'$ による概略断面図である。

【 0 0 8 6 】

次に、図 1 4 及び図 1 5 に示すように、第 1 の非磁性導電性膜 5 4 上に、上記磁気トンネル接合膜 3 3 となる磁気トンネル接合用膜 5 5 をスパッタリング等により成膜する。なお、図 1 5 は、図 1 4 中に示す線分 $X_5 - X_5'$ による断面図である。

【 0 0 8 7 】

この磁気トンネル接合用膜 5 5 は、例えば、下層となる膜厚 3 nm の Ta 膜と、上記磁化固定層 3 0 となる膜厚 3 nm の NiFe 膜、膜厚 1 0 nm の IrMn 膜及び膜厚 4 nm の CoFe 膜と、上記トンネル障壁層 3 2 となる膜厚 1.3 nm の Al の酸化膜 (Al_2O_3) と、上記磁化自由層 3 1 となる膜厚 4 nm の Co

Fe膜及び膜厚5nmのNiFe膜と、上層となる膜厚約5nmのTa層とが、この順でスパッタリング等により順次積層されることにより形成される。

【0088】

なお、磁気トンネル接合用膜55を構成する各層の材料及びその膜厚は、以上の例に限定されるものではなく、TMR素子26の使用目的等に応じて適切な材料を選択し、適切な膜厚に設定するようにすればよい。

【0089】

次に、磁気トンネル接合用膜55上に、フォトリソグロフ技術を用いて、このレジスト層を所定の形状にパターンングすることにより、図16及び図17に示すような第2のレジストパターン56を形成する。なお、図17は、図16中に示す線分 X_7-X_7' による概略断面図である。

【0090】

次に、図18及び図19に示すように、この第2のレジストパターン56をマスクとして、磁気トンネル接合用膜55及び第1の非磁性導電性膜54に対してエッチングを行った後、この第2のレジストパターン56を除去する。これにより、下層シールド層24上に所定の形状とされた上記下層非磁性導電性層25及び上記磁気トンネル接合膜33が形成される。なお、図19は、図18中に示す線分 X_8-X_8' による概略断面図である。

【0091】

次に、図20及び図21に示すように、この基板50の全面に亘って、スパッタリング等により、例えば Al_2O_3 等からなる第2の非磁性非導電性膜57を成膜した後、この基板50上に複数形成された磁気トンネル接合膜33が露出するまで研磨する。これにより、基板50と下層非磁性導電性層25及び磁気トンネル接合膜33との間に第2の非磁性非導電性膜57が埋め込まれ、基板50上の下層非磁性導電性層25及び磁気トンネル接合膜33が形成されていない部分との段差が無くなり平坦化される。なお、図21は、図20中に示す線分 X_9-X_9' による概略断面図である。

【0092】

次に、図22及び図23に示すように、平坦化された基板50上に、フォトレジストを塗布し、硬化させることによりレジスト層を形成し、フォトリソグラフィ技術を用いて、このレジスト層を所定の形状にパターニングする。そして、このパターニングされたレジスト層をマスクとして、イオンエッチングにより、磁気トンネル接合膜33のうち、TMR素子26の感磁部26aとなる部分を残して、磁化自由層31から磁化固定層30の中途部に至るまでエッチングした後、このレジスト層を基板50上から除去する。これにより、TMR素子6の磁気ディスク3に対するトラック幅 Tw_1 が規制される。なお、ここでは、トラック幅 Tw_1 を約 $5\mu m$ としたが、トラック幅 Tw_1 は、以上の例に限定されるものではなく、システムの要求等に応じて適切な値に設定すればよい。なお、図22は、図20中に示す囲み部分Cを拡大して示す概略平面図であり、図23は、図22中に示す線分 $X_{10}-X_{10}'$ による概略断面図である。

【0093】

次に、この基板50上に、フォトレジストを塗布し、硬化させることによりレジスト層を形成する。そして、フォトリソグラフィ技術を用いて、このレジスト層を所定の形状にパターニングすることにより、TMR素子26の感磁部26aの直上に位置して、図24及び図25に示すような第3のレジストパターン58を形成する。なお、図24は、図20中に示す囲み部分Cを拡大して示す概略平面図であり、図25は、図24中に示す線分 $X_{11}-X_{11}'$ による概略断面図である。

【0094】

次に、図26及び図27に示すように、この第3のレジストパターン58を用いて、例えば Al_2O_3 等からなる第3の非磁性非導電性膜59をスパッタリング等により成膜した後、第3のレジストパターン58を、この第3のレジストパターン58上に堆積した第3の非磁性非導電性膜59と共に除去する。これにより、TMR素子26の感磁部26aの直上にて開口されたコンタクトホール60を有する第3の非磁性非導電性膜59が形成される。なお、図26は、図20中に示す囲み部分Cを拡大して示す概略平面図であり、図27は、図26中に示す線分 $X_{12}-X_{12}'$ による概略断面図である。

【0095】

次に、この第3の非磁性非導電性膜59上に、フォトリソストを塗布し、硬化させることによりレジスト層を形成する。そして、フォトリソグラフィ技術を用いて、このレジスト層を所定の形状にパターンニングすることにより、図28及び図29に示ような所定の形状とされた開口部61aを有する第4のレジストパターン61を形成する。なお、図28は、図20中に示す囲み部分Cを拡大して示す概略平面図であり、図29は、図28中に示す線分 $X_{13}-X_{13}'$ による概略断面図である。

【0096】

次に、図30及び図31に示すように、この第4のレジストパターン61を用いて、上記上層非磁性導電性層27となる第2の非磁性導電性膜62をスパッタリング等により成膜する。このとき、第3の非磁性非導電性膜59のコンタクトホール60に、第2の非磁性導電性膜62が埋め込まれることとなる。これにより、TMR素子26の感磁部26aと当接する上記上層非磁性導電性層27の突出部27aが形成される。なお、第2の非磁性導電性膜62は、上述した非磁性金属膜であり、その膜厚は磁気記録媒体に記録された信号の周波数等に応じて適切な値に設定すればよい。

【0097】

そして、この第2の非磁性導電性膜62上に、上記上層シールド層28及び上記下層コア層36となる第2の軟磁性膜63をスパッタリング等により成膜する。この第2の軟磁性膜63としては、例えば膜厚 $2.3\mu\text{m}$ の CoZrNbTa からなるアモルファス積層膜を成膜した。なお、この第2の軟磁性膜63の材料としては、アモルファス積層膜以外の材料を選択することが可能であり、上述したスパッタリング以外にも、例えばメッキ法や蒸着法等を用いて第2の軟磁性膜63を形成してもよい。

【0098】

そして、第4のレジストパターン61を、この第4のレジストパターン61上に堆積した第2の非磁性導電性膜62及び第2の軟磁性膜63と共に除去する。これにより、第3の非磁性非導電性膜59上に、所定の形状とされた上記上層非

磁性導電性層 27 及び上記上層シールド層 28 が形成される。なお、図 30 は、図 20 中に示す囲み部分 C を拡大して示す概略平面図であり、図 31 は、図 30 中に示す線分 $X_{14}-X_{14}'$ による概略断面図である。

【0099】

次に、図 32 及び図 33 に示すように、この基板 50 の全面に亘って、スパッタリング等により、例えば Al_2O_3 等からなる第 4 の非磁性非導電性膜 64 を成膜した後、この基板 50 上に複数形成された上層シールド層 28 が露出するまで研磨する。これにより、基板 50 と上層シールド層 28 との間に第 4 の非磁性非導電性膜 64 が埋め込まれ、基板 50 上の上層シールド層 28 が形成されていない部分との段差が無くなり平坦化される。なお、図 32 は、図 20 中に示す囲み部分 C を拡大して示す概略平面図であり、図 33 は、図 32 中に示す線分 $X_{15}-X_{15}'$ による概略断面図である。

【0100】

次に、図 34 及び図 35 に示すように、この平坦化された基板 50 上に、上記磁気ギャップ 37 となる第 5 の非磁性非導電性膜 65 をスパッタリング等により成膜する。この第 5 の非磁性非導電性膜 65 の材料としては、例えば Al_2O_3 等が好適である。なお、図 34 は、図 20 中に示す囲み部分 C を拡大して示す概略平面図であり、図 35 は、図 34 中に示す線分 $X_{16}-X_{16}'$ による概略断面図である。

【0101】

次に、図 36 及び図 37 に示すように、この第 5 の非磁性非導電性膜 65 上に、フォトリソグロフ技術を用いて、このレジスト層を所定の形状にパターニングする。そして、このパターニングされたレジスト層を用いて、例えばアモルファス積層膜等からなる第 3 の軟磁性膜 66 をスパッタリング等により成膜した後、レジスト層をこのレジスト層上に堆積した第 3 の軟磁性膜 66 と共に除去する。これにより、第 5 の非磁性非導電性膜 64 上に、所定の幅に成形された上記上層コア層 38 が形成される。また、第 5 の非磁性非導電性膜 67 を介して下層コア層 38 と対向配置されることにより、磁気ギャップ 37 が形成され、この幅がトラック



幅 $T w_2$ となる。なお、このトラック幅 $T w_2$ は、システムの要求等に応じて適切な値に設定すればよい。なお、図36は、図20中に示す囲み部分Cを拡大して示す概略平面図であり、図37は、図36中に示す線分 $X_{17}-X_{17}'$ による概略断面図である。

【0102】

次に、図38及び図39に示すように、この基板50の全面に亘って、スパッタリング等により、例えば Al_2O_3 等からなる第6の非磁性非導電性膜67を成膜した後、この基板50上に複数形成された上層コア層38が露出するまで研磨する。これにより、基板50と上層コア層38との間に第6の非磁性非導電性膜67が埋め込まれ、基板50上の上層コア層38が形成されていない部分との段差が無くなり平坦化される。なお、図38は、図20中に示す囲み部分Cを拡大して示す概略平面図であり、図39は、図38中に示す線分 $X_{18}-X_{18}'$ による概略断面図である。

【0103】

次に、図40に示すように、この平坦化された基板50上に、薄膜コイル40、バックヨーク39及び引き出し導線34、41をそれぞれ形成する。

【0104】

薄膜コイル40は、下層コア層36とバックヨーク39とが当接する部分を中心として、スパッタリング等によりスパイラル状に成膜され、この薄膜コイル40を覆うように非磁性非導電性膜が成膜される。薄膜コイル40の材料としては、例えばCu等の導電性材料が用いられる。

【0105】

バックヨーク39は、上層コア層38と接合しながら形成されると共に、スパイラル状に形成された薄膜コイル40の略中心部にて下層コア層36と当接するように形成される。これにより、下層コア層36、上層コア層38及びバックヨーク39は、インダクティブ型薄膜ヘッド22の磁気コアを構成することとなる。

【0106】

引き出し導線34、41としては、下層シールド層24及び上層シールド層2

8とそれぞれ電氣的に接続される引き出し導線34a, 34bと、薄膜コイル40の内周側の端部及び外周側の端部とそれぞれ電氣的に接続される引き出し導線41a, 41bとが形成される。具体的には、フォトリソグラフィ技術を用いて所定の形状にパターニングされたフォトレジストをマスクとしてエッチングを行い、これら下層シールド層24及び上層シールド層28、並びに、薄膜コイル40の内周側端部及び外周側の端部と当接される部分が露出する端子溝を形成する。そして、このフォトレジストを残したまま、例えば、硫酸銅溶液を用いた電解メッキにより、膜厚6 μ m程度のCuからなる導電膜を成膜した後、フォトレジストを、このフォトレジスト上に堆積した導電膜と共に除去する。これにより、下層シールド層24及び上層シールド層28、並びに、薄膜コイル40の内周側端部及び外周側の端部と端子溝に埋め込まれた導電膜とが電氣的に接続される。そして、この端子溝に埋め込まれた導電膜と接合されるように、例えば、硫酸銅溶液を用いた電解メッキにより、所定の形状とされたCuからなる導電膜を成膜する。これにより、図40に示すような引き出し導線34a, 34b, 41a, 41bがそれぞれ形成される。なお、この導電膜の形成方法は、他の膜に影響を与えないものであれば、電解メッキ以外の方法であってもよい。

【0107】

次に、図41に示すように、これら引き出し導線34, 41の端部上に、それぞれ外部接続用端子35, 42を形成する。この外部接続用端子35, 42としては、引き出し導線34a, 34bとそれぞれ電氣的に接続される外部接続用端子35a, 35bと、引き出し導線41a, 41bとそれぞれ電氣的に接続される外部接続用端子42a, 42bとが形成される。具体的には、フォトリソグラフィ技術を用いて所定の形状にパターニングされたフォトレジストを用いて、例えばスパッタリングや電解メッキ等により、金(Au)からなる導電膜を成膜した後、フォトレジストを、このフォトレジスト上に堆積した導電膜と共に除去する。これにより、図43に示すような外部接続用端子35a, 35b, 42a, 42bがそれぞれ形成される。

【0108】

次に、図42に示すように、基板50の全面に亘って、スパッタリング等によ

り、例えば Al_2O_3 等からなる保護膜68を成膜した後、この基板50上に形成された外部接続用端子35、42が露出するまで研磨する。具体的には、例えば、スパッタリングによって Al_2O_3 からなる保護膜68を4 μm 程度の膜厚となるように成膜する。なお、この保護膜68の材料としては、非磁性非導電性の材料であれば Al_2O_3 以外も使用可能であるが、耐環境性や耐摩耗性を考慮すると、 Al_2O_3 が好適である。また、この保護膜68は、スパッタリング以外の方法によって形成してもよく、例えば、蒸着法等によって形成してもよい。そして、外部接続用端子35、42が表面に露出するまで研磨する。この研磨工程においては、例えば、粒径が約2 μm のダイヤモンド砥粒によって、外部接続用端子35、42の表面が露出するまで研磨する。そして、シリコン砥粒によってパフ研磨を施して、表面を鏡面状態に仕上げる。これにより、最終的に磁気ヘッド20となる複数のヘッド素子69が形成された基板50が得られる。

【0109】

次に、図43に示すように、複数のヘッド素子69が複数形成された基板50を短冊状に切り分けることにより、横方向に磁気ヘッド20となるヘッド素子69が並ぶ棒状のヘッドブロック70を形成する。

【0110】

次に、ヘッドブロック70の媒体抵抗面4aとなる面に対して、定盤を用いた研磨加工を施すことにより、ヘッド素子69の高さを調節する。

【0111】

ところで、従来のように、上層及び下層非磁性導電性層25、27となる第1及び第2の非磁性導電性膜54、62として、例えばA1を用いた場合には、このような研磨加工を施した際に、この上層及び下層非磁性導電性層25、27となる第1及び第2の非磁性導電性膜54、62が研磨されずに引き伸ばされてしまい、作製されたヘッドスライダ4のTMRヘッド21の媒体対向面4aに、この第1及び第2の非磁性導電性膜54、62の引き伸ばしによる欠陥を生じさせてしまうことがあった。

【0112】

それに対して、本発明では、上層及び下層非磁性導電性層25、27となる第

1 及び第 2 の非磁性導電性膜 54, 62 を、上述した非磁性金属膜とすることにより、これら上層及び下層非磁性導電性層 25, 27 となる第 1 及び第 2 の非磁性導電性膜 54, 62 が研磨されずに引き伸ばされてしまい、この TMR ヘッド 21 の媒体対向面 4a に、非磁性金属膜の引き伸ばしによる欠陥が生じてしまうといったことを防ぐことができる。

【0113】

これにより、磁気ヘッド 20 を構成する各構成要素が媒体対向面 4a から外方に臨んで良好な略同一端面を形成することとなる。

【0114】

次に、ヘッドブロック 70 に対して、ヘッドスライダ 4 の空気潤滑面を形成するための溝加工及びテーパ加工等を施した後、個々のヘッドチップにそれぞれ分割する。これにより、図 44 に示すような磁気ヘッド 20 を搭載する複数のヘッドスライダ 4 が作製される。

【0115】

以上のように作製されたヘッドスライダ 4 を使用する際は、このヘッドスライダ 4 をサスペンション 12 の先端部に取り付けると共に、このサスペンション 12 側に設けられた配線端子と、磁気ヘッド 20 の外部接続用端子 35, 42 とを金 (Au) 等からなる導線を用いてワイヤーボンディング等により電氣的に接続する。これにより、磁気ヘッド 20 は、外部回路との接触が可能となる。そして、このヘッドスライダ 4 は、サスペンション 12 に搭載された状態で、図 1 に示すようなハードディスクドライブ装置に実装されることとなる。

【0116】

以上のような工程を経て作製されたヘッドスライダ 4 では、上述したヘッドブロック 70 に研磨加工を施した際に、TMR ヘッド 21 の上層及び下層非磁性導電性層 25, 27 となる非磁性金属膜が研磨されずに引き伸ばされてしまい、この TMR ヘッド 21 の媒体対向面 4a に、非磁性金属膜の引き伸ばしによる欠陥が生じてしまうといったことを防ぐことができる。

【0117】

ここで、下層非磁性導電性層 25, 27 となる非磁性金属膜として、A1, C

u, Au, Pt, Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrの各単層膜、並びに、Al, Cu, Au, Ptの各金属膜と、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する金属膜との積層膜からなる各シールド型TMRヘッドについて、これら非磁性金属膜の引き伸ばしによる欠陥が生じた場合についての加工歩留りの評価を行った。

【0118】

以下、この加工歩留りの評価結果を表1に示す。なお、表1において、マルは、加工歩留りが80%以上であることを示し、サンカクは、加工歩留りが30%～80%であることを示し、バツは、加工歩留りが30%以下であることを示す。

【0119】

【表1】

	Al	Cu	Au	Pt	Ta	Ti	Cr	W	Mo	V	Nb	Zr
単層膜	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○
積層膜	○	○	○	○	/	/	/	/	/	/	/	/

○：加工歩留まり80%以上
 △：加工歩留まり30～80%
 ×：加工歩留まり30%以下

【0120】

表1の評価結果から、従来から非磁性金属膜として用いられているAl, Cu, Au, Ptの各単層膜のうち、Al, Cu, Auを用いた場合には、これら各TMRヘッドの加工歩留りが悪く、Ptを用いた場合でも、このTMRヘッドの加工歩留りが良好とならないことがわかる。

【0121】

それに対して、本発明のように、非磁性金属膜として、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrを用いた場合には、これら各TMRヘッドの加工歩留り

が良好になっていることがわかる。

【0122】

そして、Al, Cu, Au, Ptの各金属膜を、Ta, Ti, Cr, W, Mo, V, Nb, Zrのうちから選ばれる1種の金属単体を含有する金属膜との積層膜とした場合には、これら各TMRヘッドの加工歩留りが良好になることがわかる。

【0123】

次に、下層非磁性導電性層25, 27となる非磁性金属膜として、AlTa, AlTi, AlCr, AlW, AlMo, AlV, AlNb, AlZrの各合金を含有する単層膜からなる各シールド型MRヘッドについて、これら非磁性金属膜の引き伸ばしによる欠陥が生じた場合についての加工歩留りの評価を行った。

【0124】

以下、この加工歩留りの評価結果を表2に示す。なお、表2において、評価方法は、表1の場合と同様とし、参考として、上述したAl, Cu, Au, Ptの各単層膜の評価結果を付した。

【0125】

【表2】

	Al	Cu	Au	Pt	AlTa	AlTi	AlCr	AlW	AlMo	AlV	AlNb	AlZr
単層膜	×	×	×	△	○	○	○	○	○	○	○	○

○：加工歩留まり80%以上
△：加工歩留まり30～80%
×：加工歩留まり30%以下

【0126】

表2の評価結果から、非磁性金属膜として、AlTa, AlTi, AlCr, AlW, AlMo, AlV, AlNb, AlZrを用いた場合には、これら各TMRヘッドの加工歩留りが良好になっていることがわかる。

【0127】

この場合、これら合金を含有する金属膜との積層膜であっても、TMRヘッドの加工歩留りが良好になるのは明らかである。

【0128】

以上のように、本発明によれば、TMRヘッド21における下層シールド層24と下層シールド層28との電気的な短絡を防ぐことができ、コストの増大を招くことなく歩留りの向上した高品質のTMRヘッド21を大量に製造することが可能であり、生産性を大幅に向上させることが可能である。

【0129】

なお、上述の説明では、再生ヘッド部としてTMRヘッド21と、記録ヘッド部としてインダクティブ型薄膜ヘッド22とを組み合わせた複合型の薄膜磁気ヘッドについて説明したが、本発明は、TMRヘッドのみの構成とした場合にも適用可能なことはもちろんである。

【0130】

また、上述の説明では、本発明を適用した記録再生装置の一例として、ハードディスクドライブ装置について説明したが、本発明は、磁気記録の分野において広く適用可能であり、例えば、記録媒体としてフレキシブルディスクを用いる磁気ディスクドライブ装置や、記録媒体として磁気テープを用いる磁気テープドライブ装置等にも適用可能である。

【0131】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明に係る磁気トンネル効果型磁気ヘッドによれば、磁気記録媒体に対して良好な媒体対向面を得ることが可能であり、下層シールド層及び上層シールド層と磁気トンネル接合素子との挟ギャップ化が可能なことから、磁気記録媒体のさらなる高密度化に対応することが可能である。

【0132】

また、本発明に係る記録再生装置によれば、磁気トンネル効果型磁気ヘッドが磁気記録媒体に対して良好な媒体対向面を得ることが可能なことから、安定した再生出力を得ることが可能となり、磁気記録媒体に対する信号の再生を適切に行うことが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

ハードディスクドライブ装置の一例を示す概略斜視図である。

【図 2】

ヘッドスライダの構成を示す概略斜視図である。

【図 3】

磁気ヘッドを媒体対向面側から見た要部端面図である。

【図 4】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、基板上に第 1 の軟磁性膜を成膜した状態を示す概略平面図である。

【図 5】

図 4 中に示す線分 X_1-X_1' による概略断面図である。

【図 6】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、第 1 の軟磁性膜上に第 1 のレジストパターンを形成した状態を示す概略平面図である。

【図 7】

図 6 中に示す線分 X_2-X_2' による概略断面図である。

【図 8】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、基板上に下層シールド層を形成した状態を示す概略平面図である。

【図 9】

図 8 中に示す線分 X_3-X_3' による概略断面図である。

【図 10】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、基板上に第 1 の非磁性非導電性膜を成膜し、下層シールド層の表面が露呈するまで研磨した状態を示す概略平面図である。

【図 11】

図 10 中に示す線分 X_4-X_4' による概略断面図である。

【図 12】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、平坦化された基板上に第1の非磁性導電性膜を成膜した状態を示す概略平面図である。

【図13】

図12中に示す線分 X_5-X_5' による概略断面図である。

【図14】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、第1の非磁性導電性膜上に磁気トンネル接合用膜を成膜した状態を示す概略平面図である。

【図15】

図14中に示す線分 X_6-X_6' による概略断面図である。

【図16】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、磁気トンネル接合膜上に第2のレジストパターンを形成した状態を示す概略平面図である。

【図17】

図16中に示す線分 X_7-X_7' による概略断面図である。

【図18】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、下層シールド層上に下層非磁性導電性層及び磁気トンネル接合膜を形成した状態を示す概略平面図である。

【図19】

図18中に示す線分 X_8-X_8' による概略断面図である。

【図20】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、基板上に第2の非磁性非導電性膜を成膜し、磁気トンネル接合膜の表面が露呈するまで研磨した状態を示す概略平面図である。

【図21】

図20中に示す線分 X_9-X_9' による概略断面図である。

【図22】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、磁気トンネル接合膜のうちTMR素子の感磁部となる部分の周囲に溝部を形成した状態を示す概略平面図である。

【図23】



図 2 2 中に示す線分 $X_{10}-X_{10}'$ による概略断面図である。

【図 2 4】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、TMR素子の感磁部の直上に位置して第3のレジストパターンを形成した状態を示す概略平面図である。

【図 2 5】

図 2 4 中に示す線分 $X_{11}-X_{11}'$ による概略断面図である。

【図 2 6】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、TMR素子の感磁部の直上にコンタクトホールを有する第3の非磁性非導電性膜を形成した状態を示す概略平面図である。

【図 2 7】

図 2 6 中に示す線分 $X_{12}-X_{12}'$ による概略断面図である。

【図 2 8】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、第3の非磁性非導電性膜上に第4のレジストパターンを形成した状態を示す概略平面図である。

【図 2 9】

図 2 8 中に示す線分 $X_{13}-X_{13}'$ による概略断面図である。

【図 3 0】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、第3の非磁性非導電性膜上に上層非磁性導電性層及び上層シールド層を形成した状態を示す概略平面図である。

【図 3 1】

図 3 0 中に示す線分 $X_{14}-X_{14}'$ による概略断面図である。

【図 3 2】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、基板上に第4の非磁性非導電性膜を成膜し、上層シールド層の表面が露呈するまで研磨した状態を示す概略平面図である。

【図 3 3】

図 3 2 中に示す線分 $X_{15}-X_{15}'$ による概略断面図である。

【図 3 4】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、平坦化された基板上に第5の非磁性非導電性膜を成膜した状態を示す概略平面図である。

【図35】

図34中に示す線分 $X_{16}-X_{16}'$ による概略断面図である。

【図36】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、第5の非磁性非導電性膜上に上層コア層を形成した状態を示す概略平面図である。

【図37】

図36中に示す線分 $X_{17}-X_{17}'$ による概略断面図である。

【図38】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、基板上に第6の非磁性非導電性膜を成膜し、上層コア層の表面が露呈するまで研磨した状態を示す概略平面図である。

【図39】

図38中に示す線分 $X_{18}-X_{18}'$ による概略断面図である。

【図40】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、平坦化された基板上に薄膜コイル、バックヨーク及び引き出し導線をそれぞれ形成した状態を示す概略平面図である。

【図41】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、引き出し導線の端部上にそれぞれ外部接続用端子を形成した状態を示す概略平面図である。

【図42】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、基板上に保護膜を成膜し、外部接続用端子の表面が露呈するまで研磨した状態を示す概略断面図である。

【図43】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、基板を短冊状に切り分けることにより、棒状のヘッドブロックを複数形成した状態を示す概略平面図である。

【図44】

ヘッドスライダの製造工程を示す図であり、ヘッドブロックを個々のヘッドチップに分割することによりヘッドスライダが複数作製された状態を示す概略斜視図である。

【図 4 5】

シールド型 TMR ヘッドの構成を説明するための媒体対向面側から見た要部端面図である。

【図 4 6】

シールド型 MR ヘッドの構成を説明するための媒体抵抗面側から見た要部端面図である。

【図 4 7】

シールド型 TMR ヘッドに欠陥が生じた状態を示す要部端面図である。

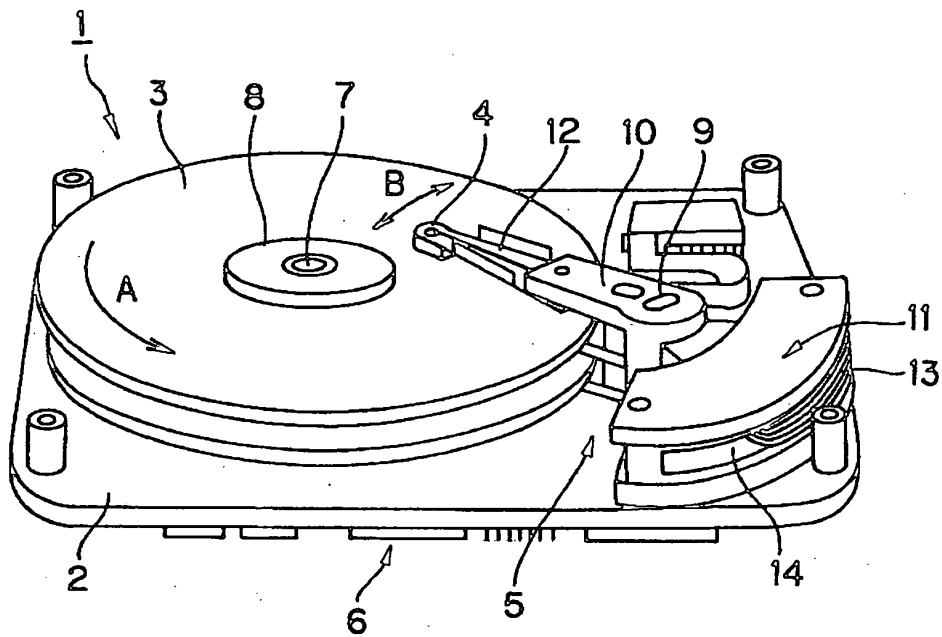
【符号の説明】

3 磁気ディスク、4 ヘッドスライダ、20 磁気ヘッド、21 TMR ヘッド、22 インダクティブ型薄膜ヘッド、23 基板、24 下層シールド層、25 下層非磁性導電性層（非磁性金属膜）、26 TMR 素子、27 上層非磁性導電性層（非磁性金属膜）、28 上層シールド層、29 非磁性非導電性材料、30 磁化固定層、31 磁化自由層、32 トンネル障壁層、33 磁気トンネル接合膜、34、41 引き出し導線、35、42 外部接続用端子、36 下層コア層、37 磁気ギャップ、38 上層コア層、39 バックヨーク、40 薄膜コイル、50 基板、51 第1の軟磁性膜、53 第1の非磁性非導電性膜、54 第1の非磁性導電性膜、55 磁気トンネル接合用膜、57 第2の非磁性非導電性膜、59 第3の非磁性非導電性膜、60 コンタクトホール、62 第2の非磁性導電性膜、63 第2の軟磁性膜、64 第4の非磁性非導電性膜、65 第5の非磁性非導電性膜、66 第3の軟磁性膜、67 第6の非磁性非導電性膜、68 保護膜、69 ヘッド素子、70 ヘッドブロック

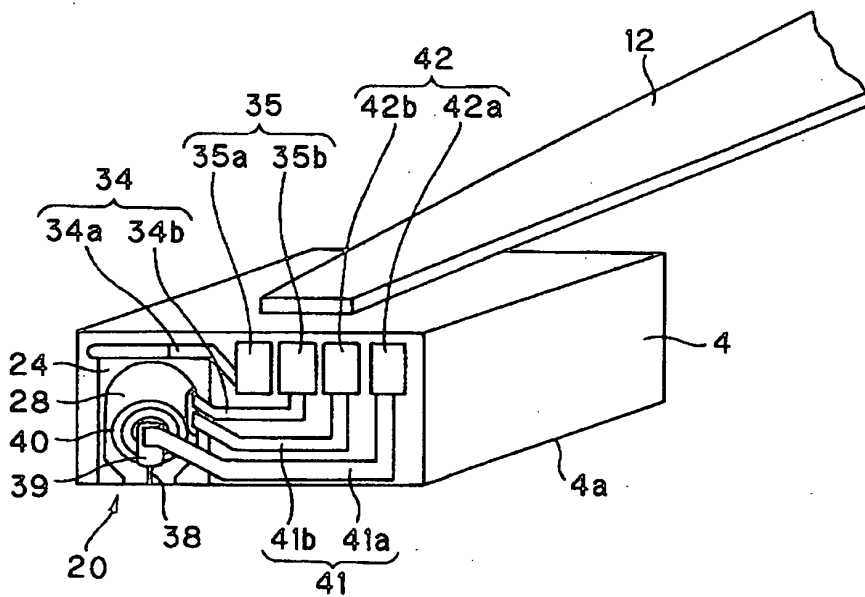
【書類名】

図面

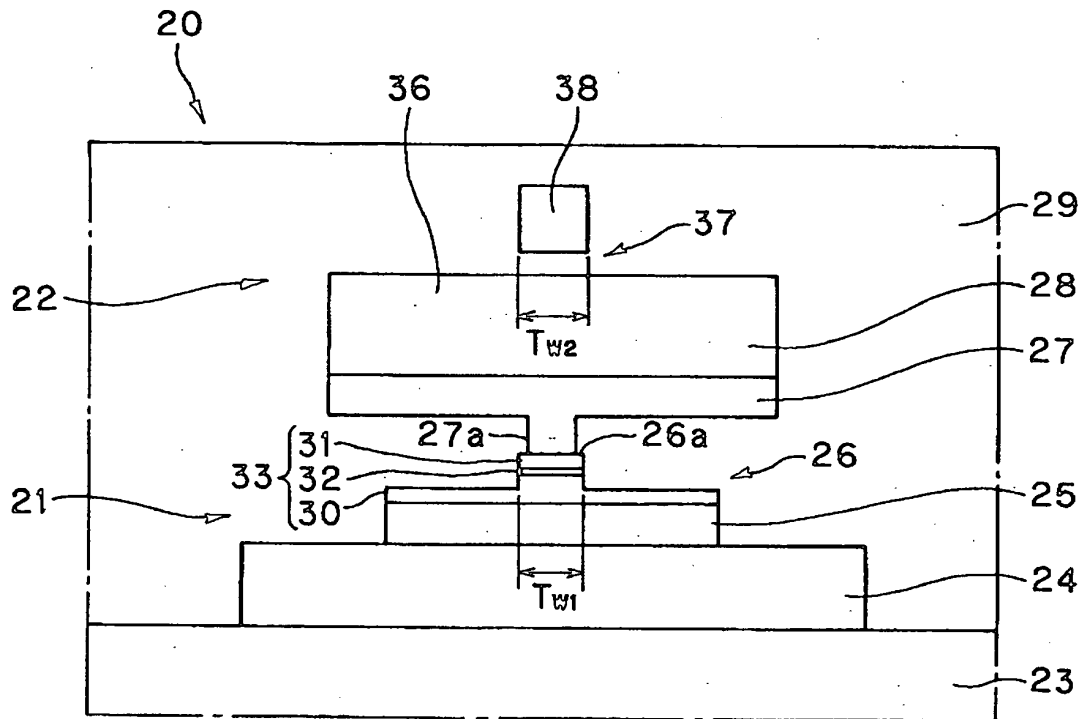
【図 1】



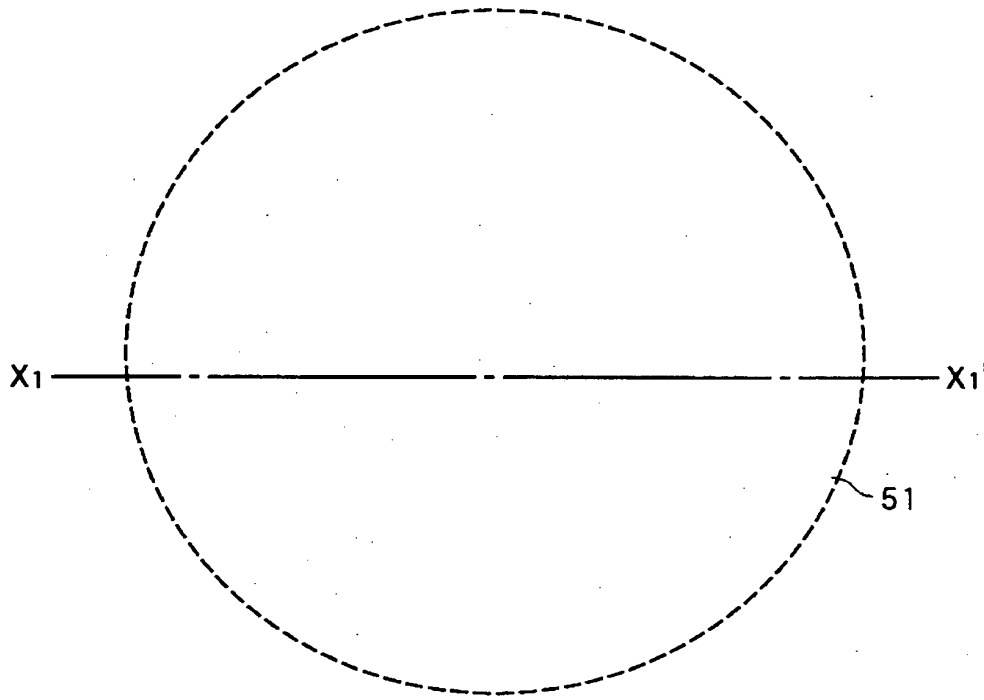
【図 2】



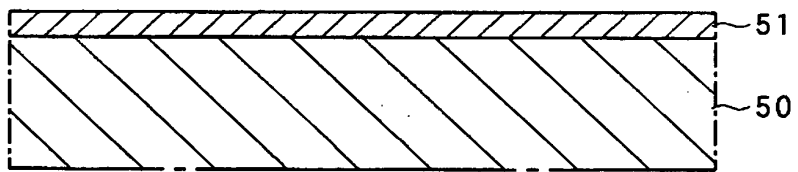
【図 3】



【図4】

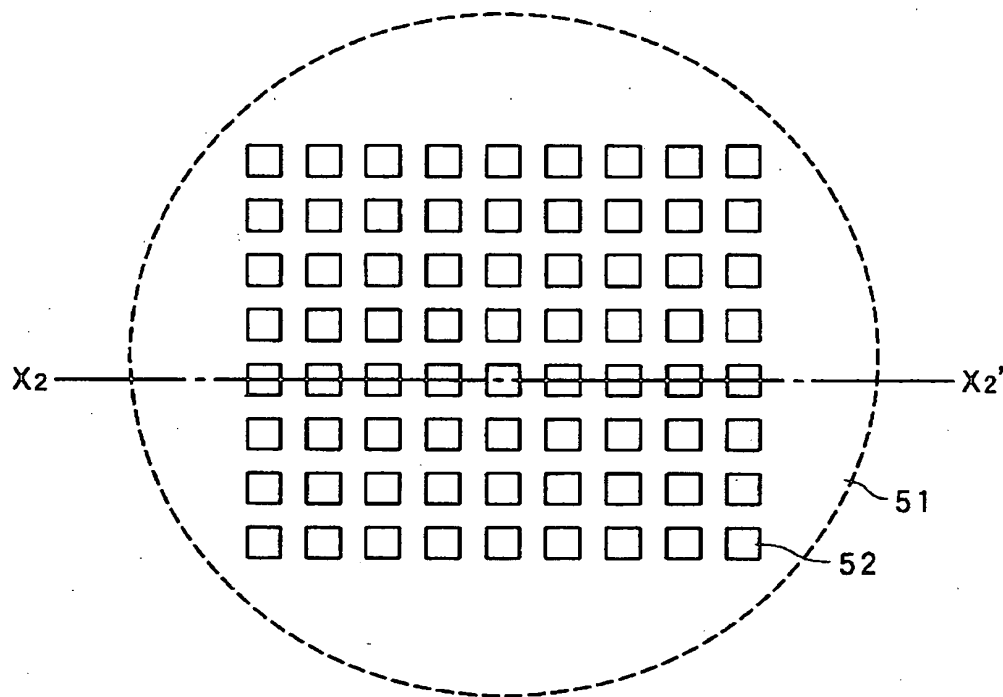


【図5】

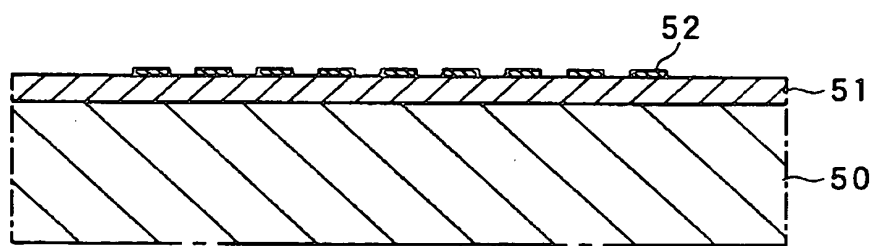


$X_1 - X_1'$ 断面図

【図 6】

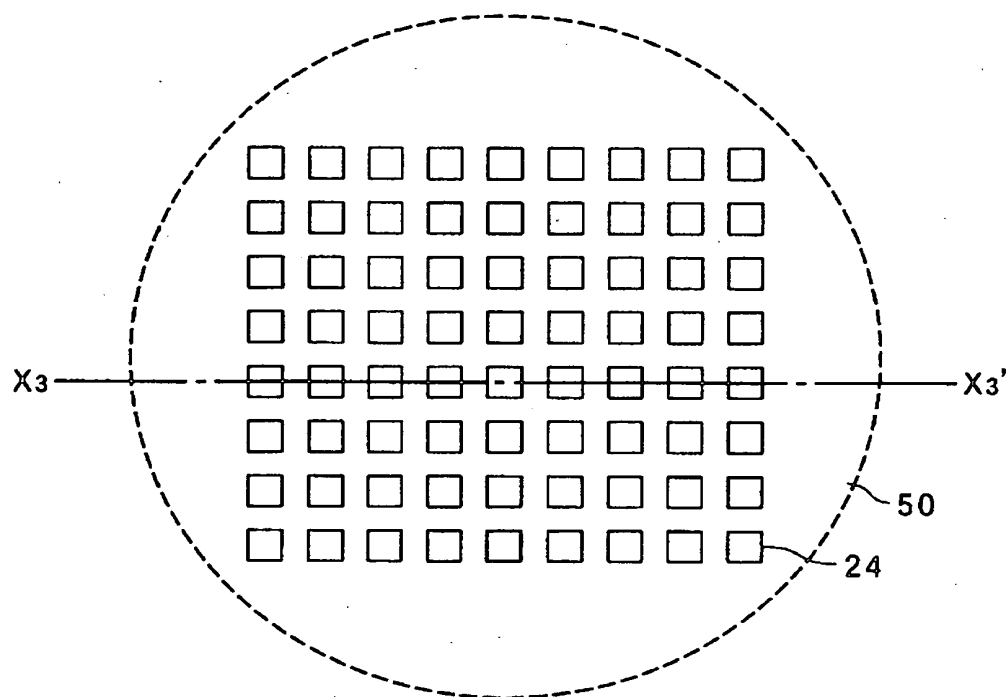


【図 7】

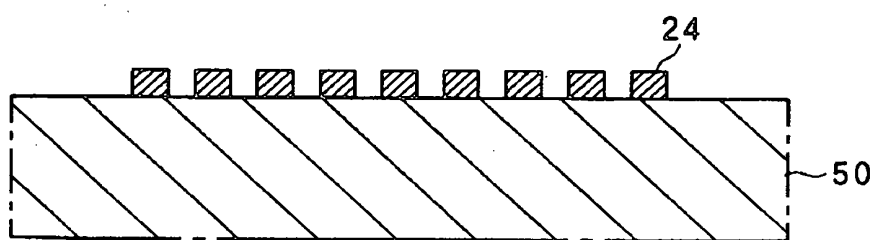


X2 - X2' 断面図

【図 8】



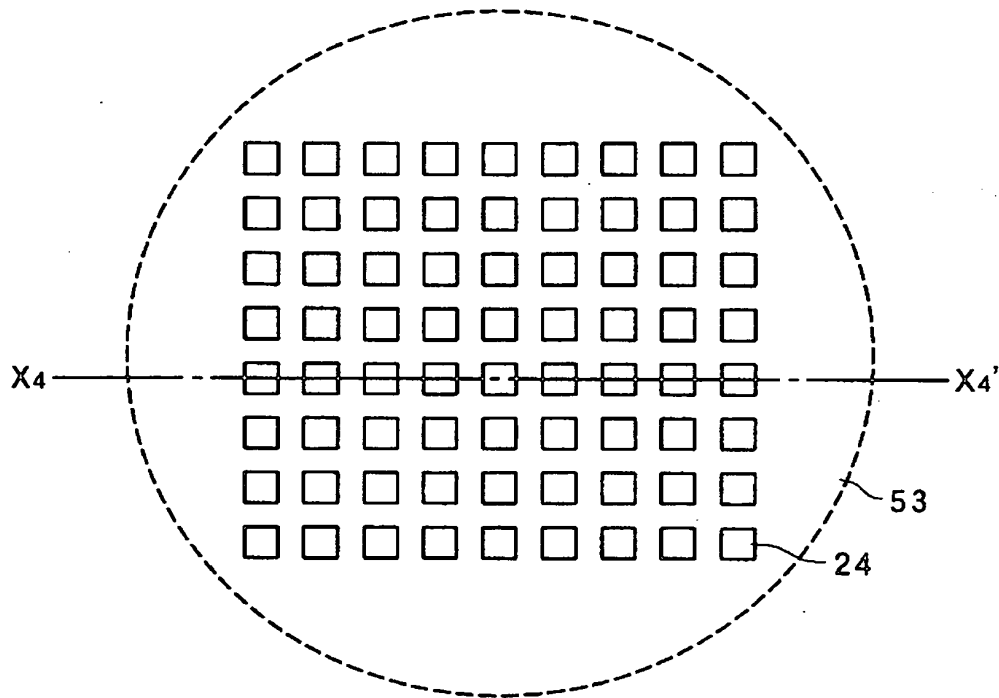
【図 9】



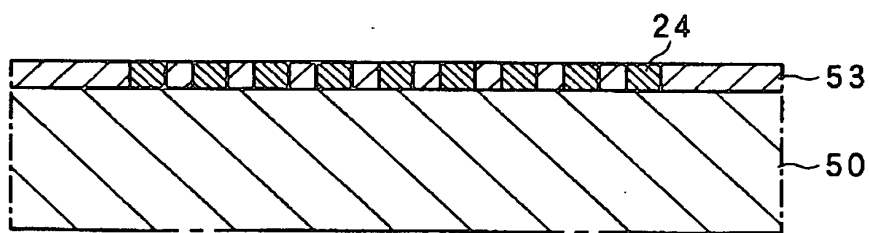
X3 - X3' 断面図



【図10】

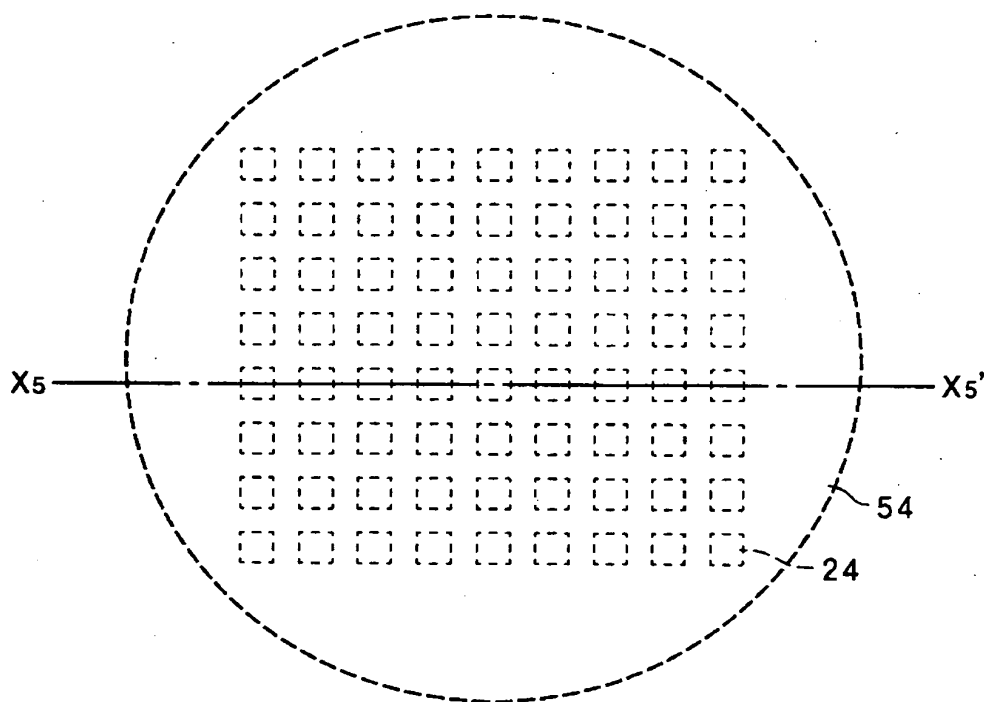


【図11】

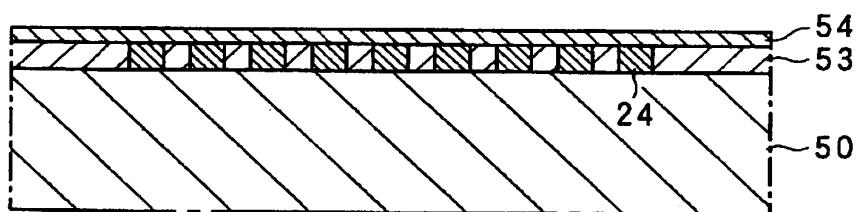


X4 - X4' 断面図

【図 12】

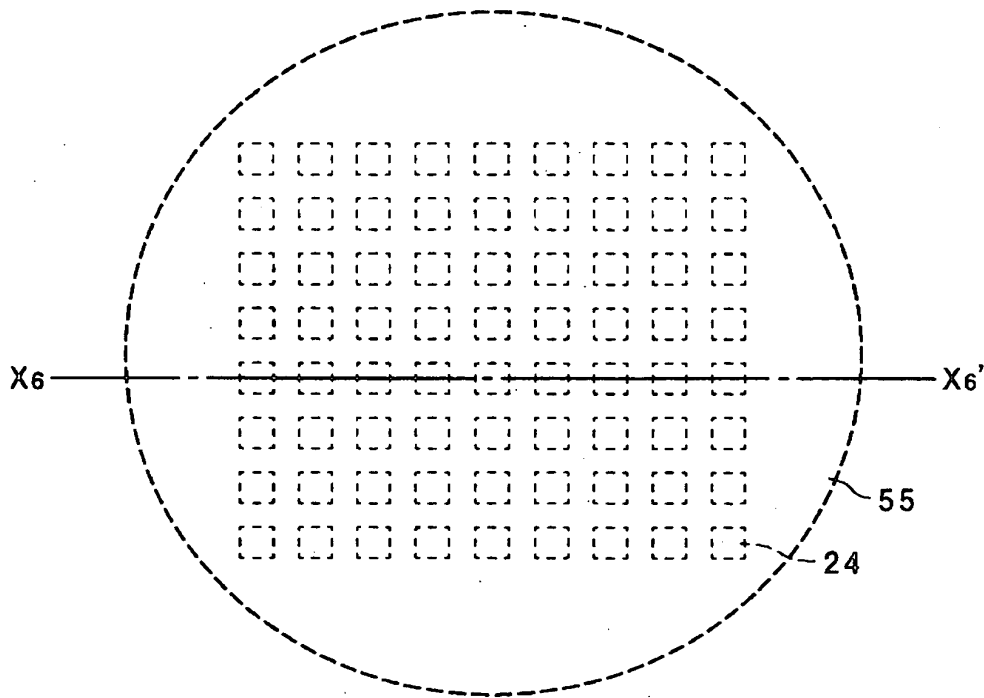


【図 13】

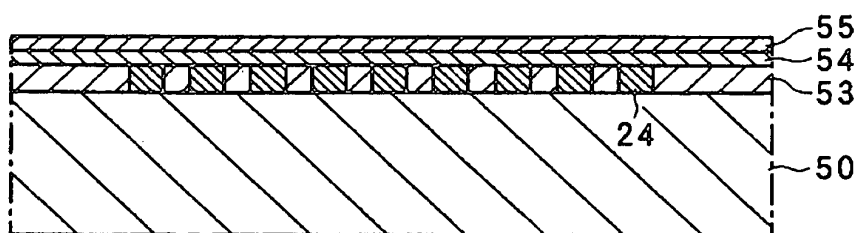


X5 - X5' 断面図

【図14】

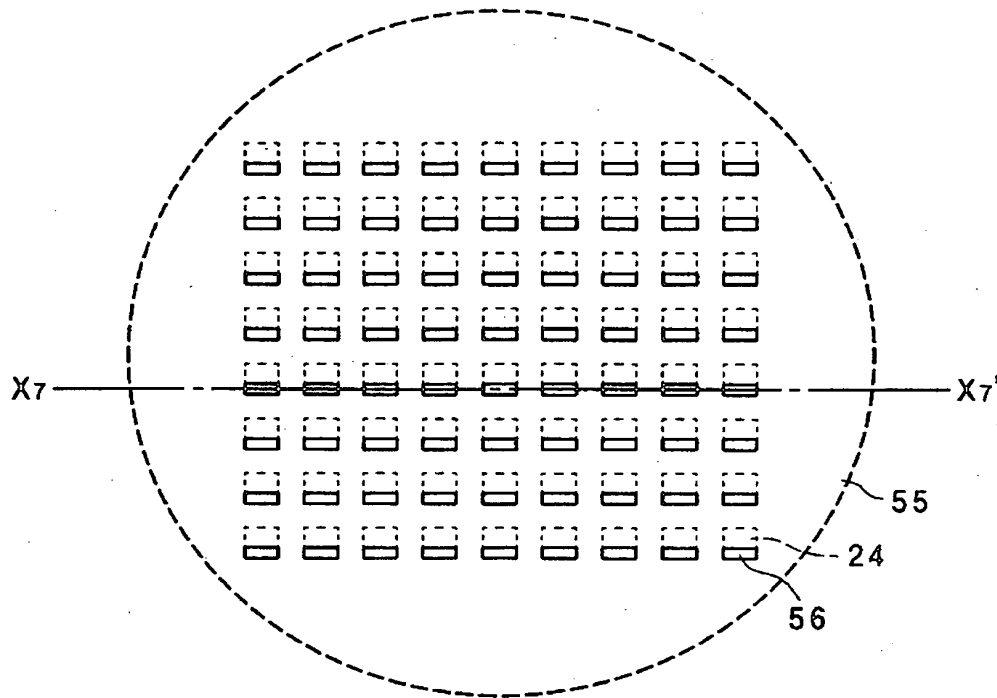


【図15】

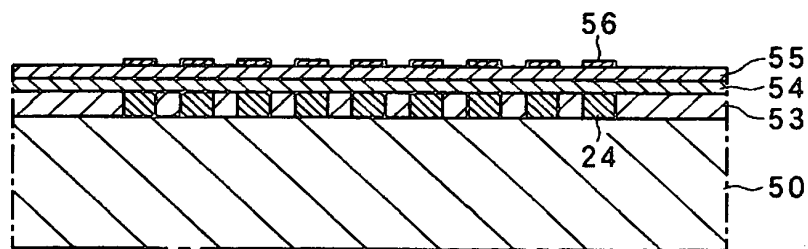


X6 - X6' 断面図

【図 16】

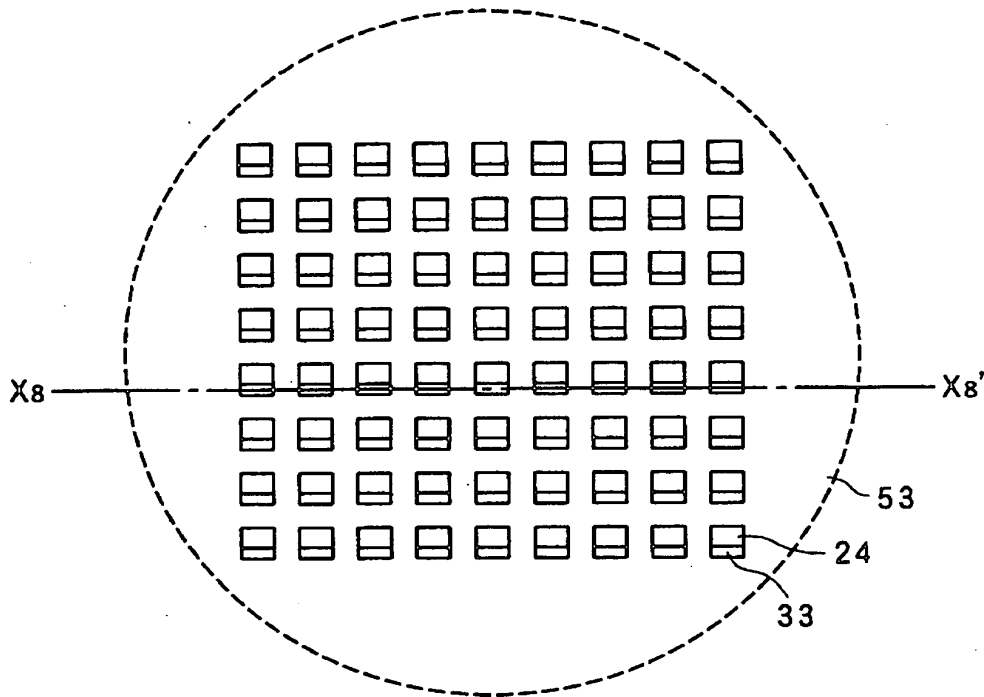


【図 17】

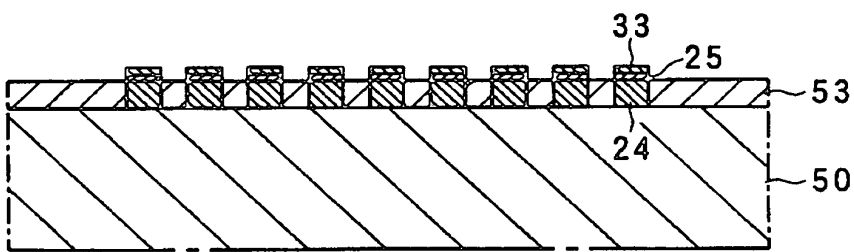


X7 - X7' 断面図

【図18】

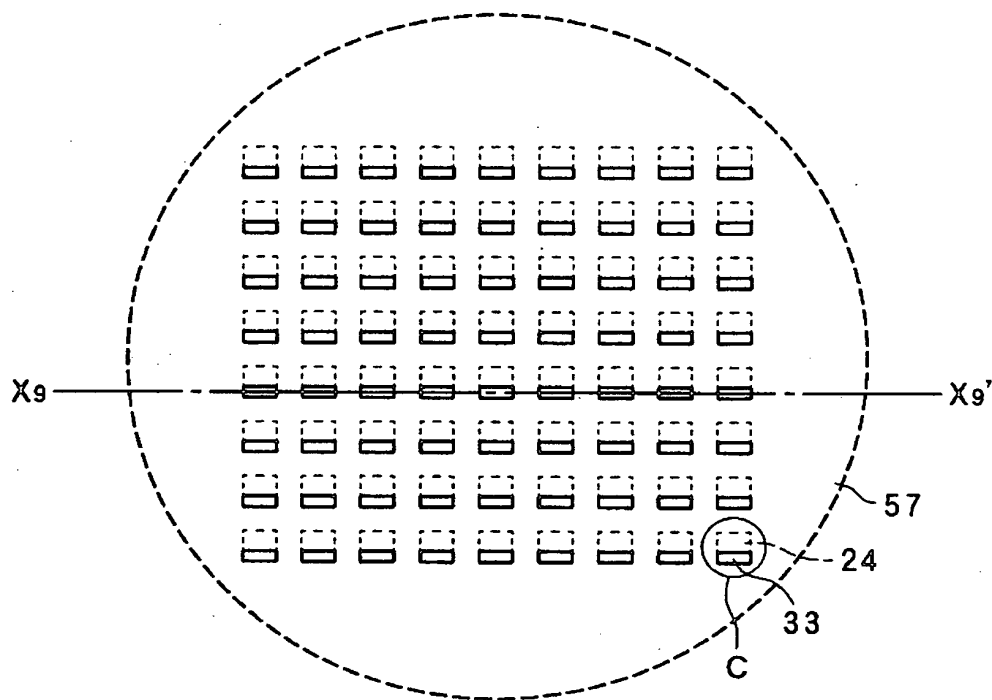


【図19】

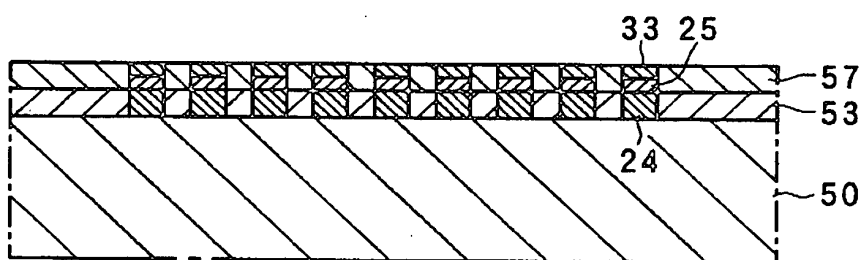


X8 - X8' 断面図

【図 2 0】

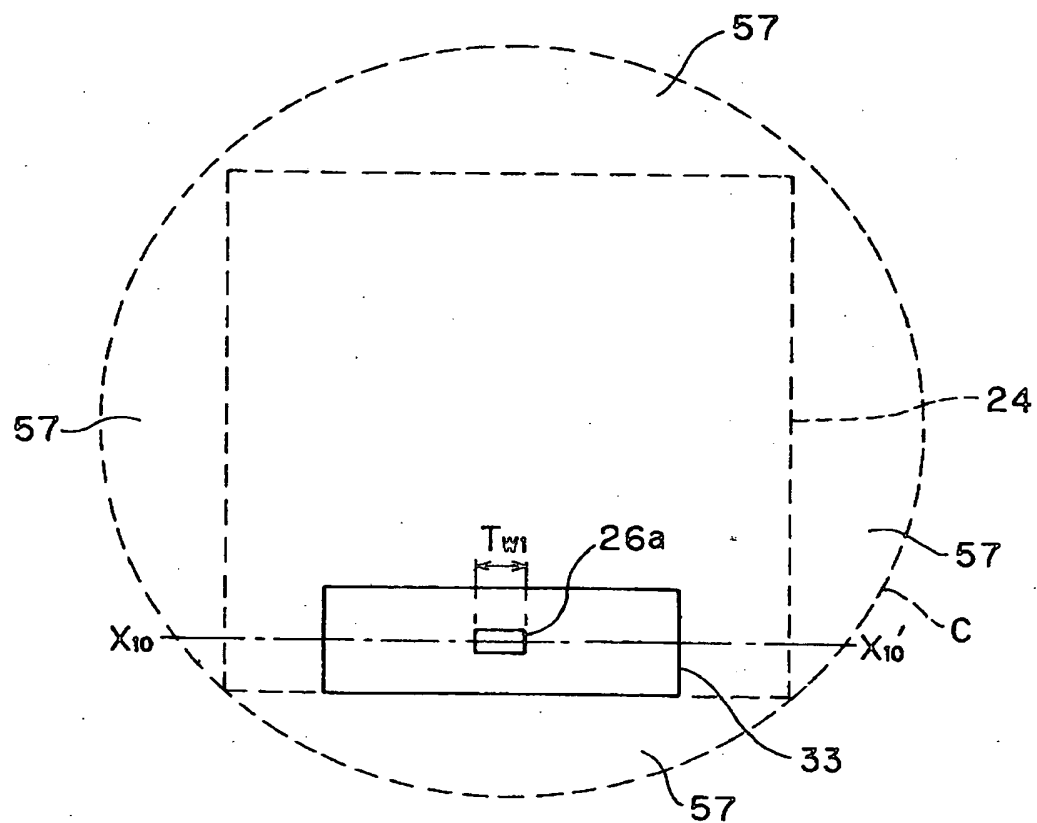


【図 2 1】

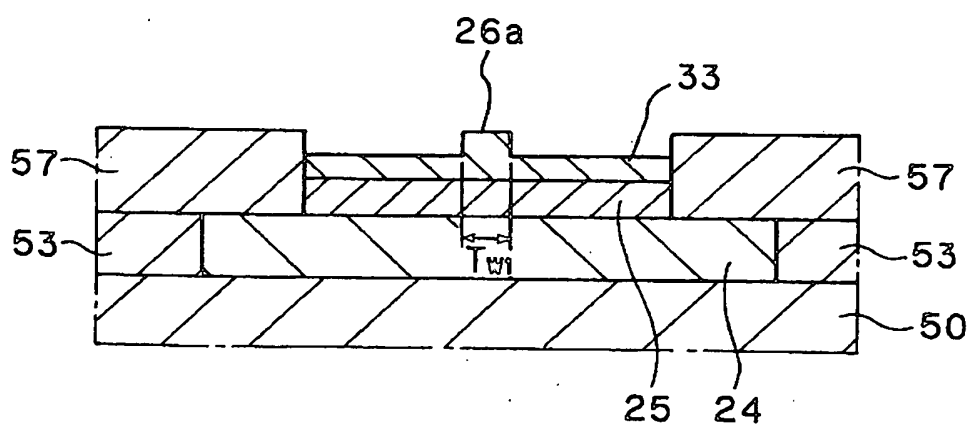


X9 - X9' 断面図

【図 22】

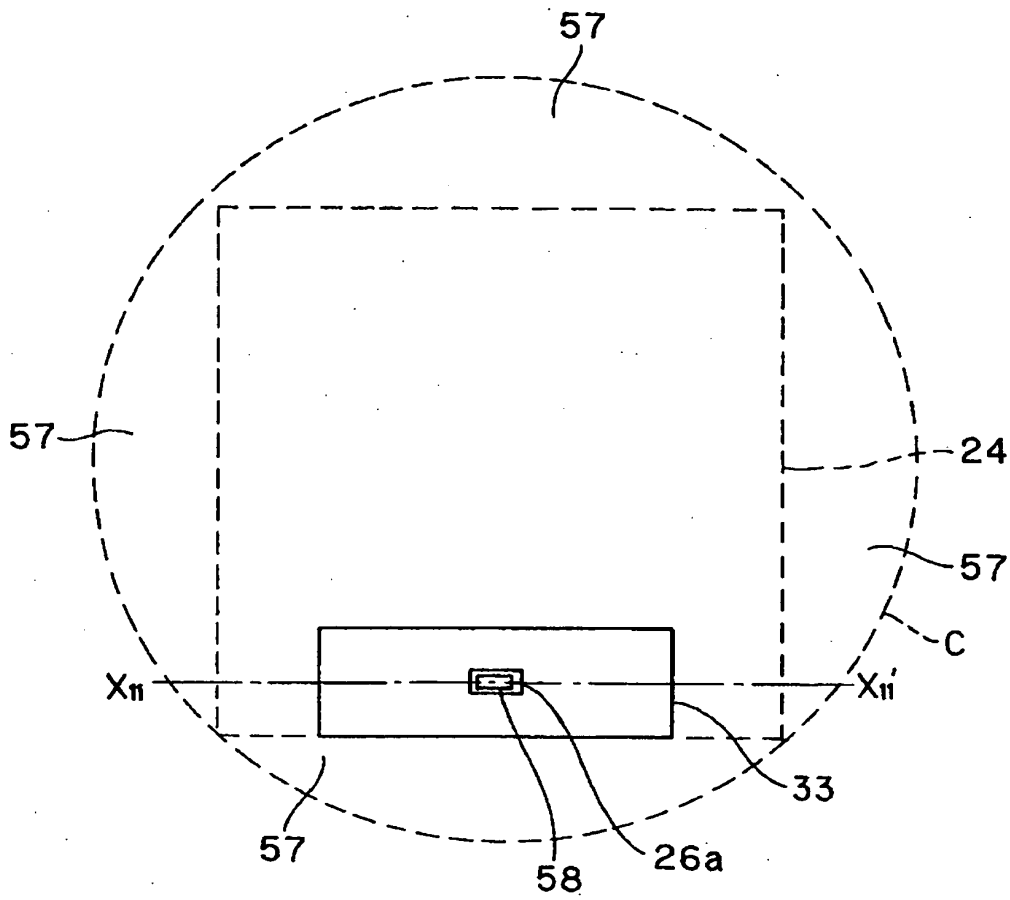


【図 23】

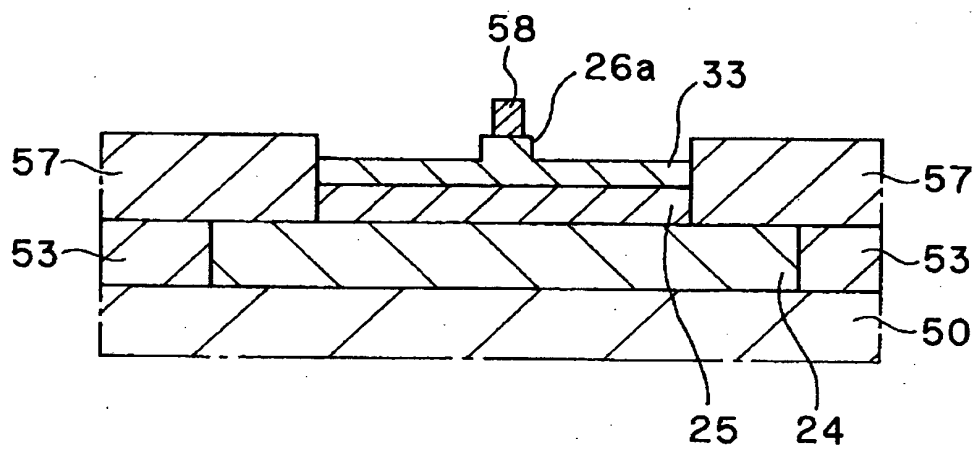


X₁₀-X_{10'} 断面図

【図 24】

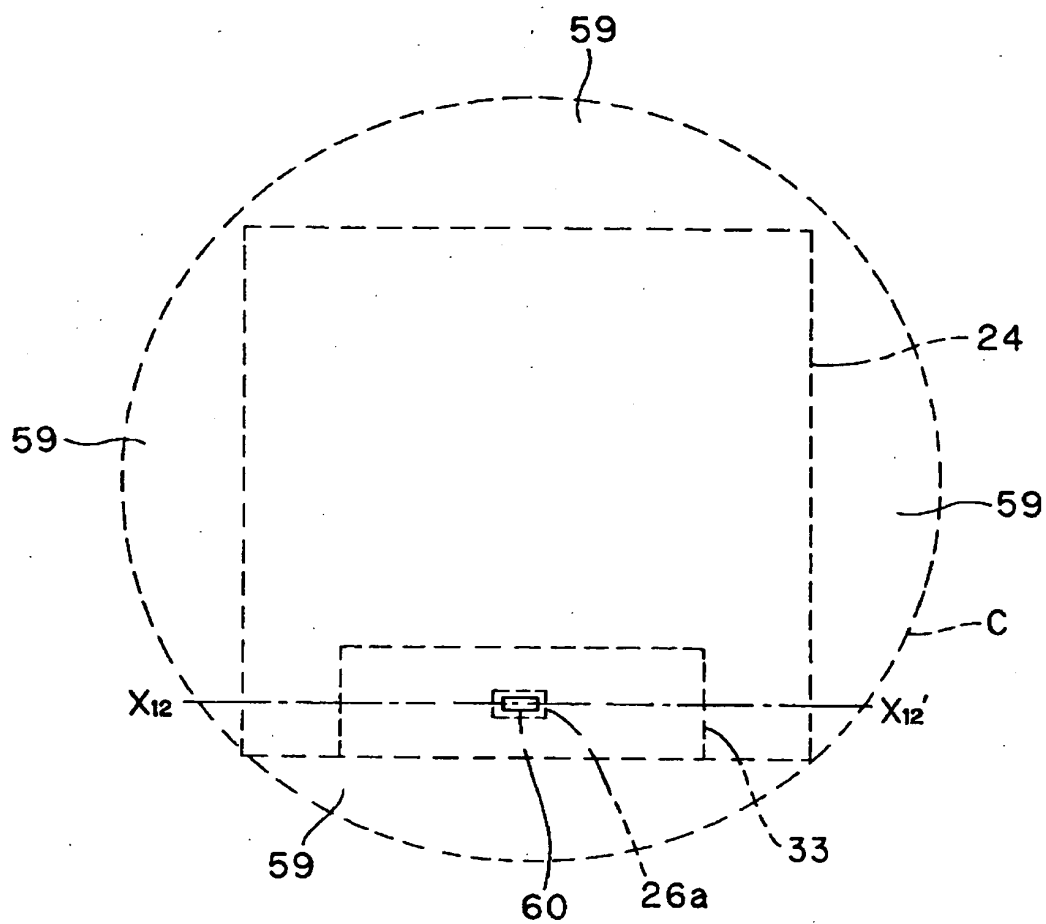


【図 25】

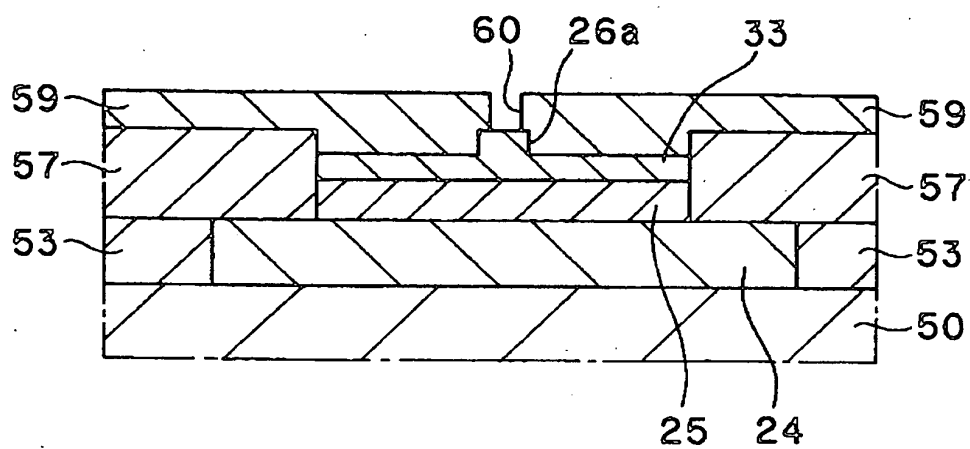


X₁₁-X₁₁' 断面図

【図 26】

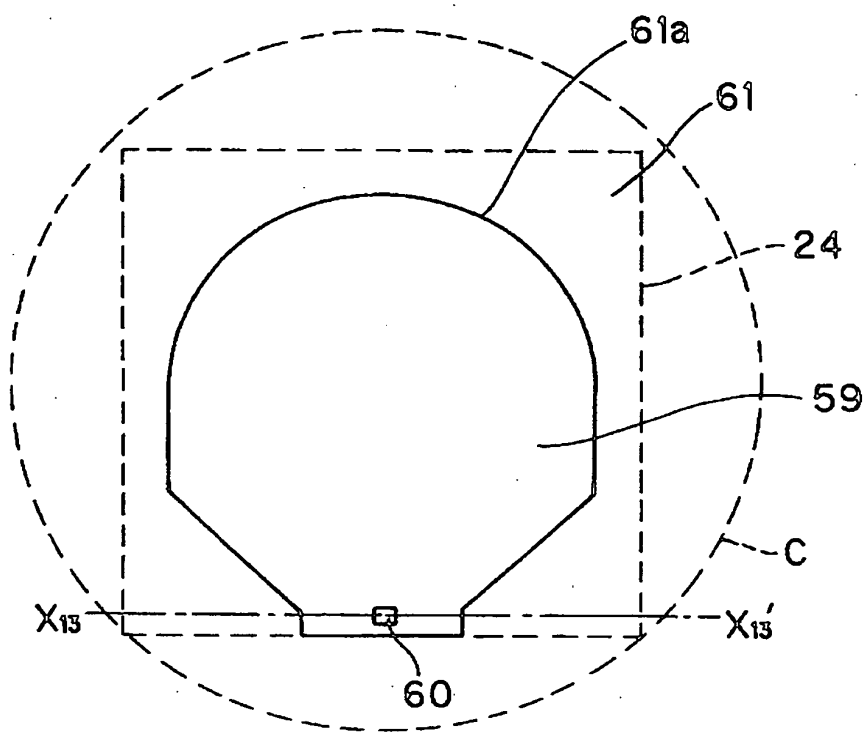


【図 27】

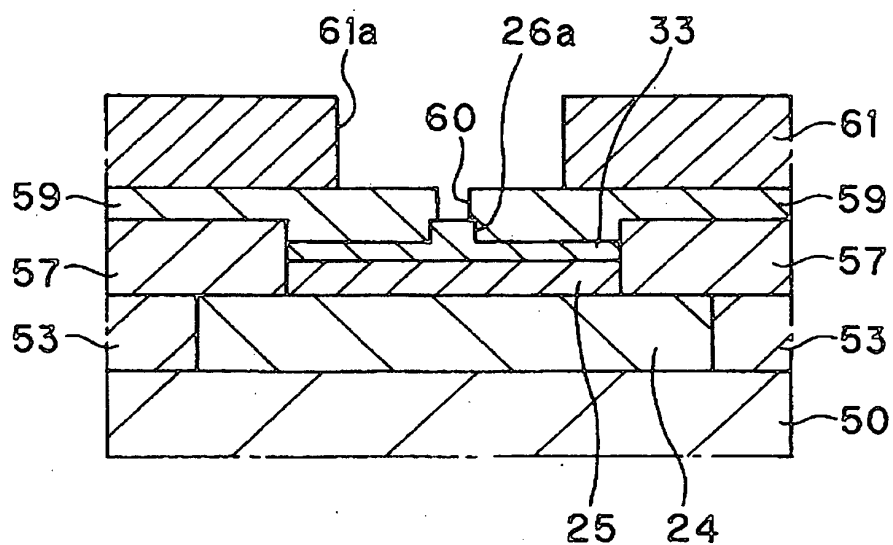


X₁₂-X_{12'} 断面図

【図 28】

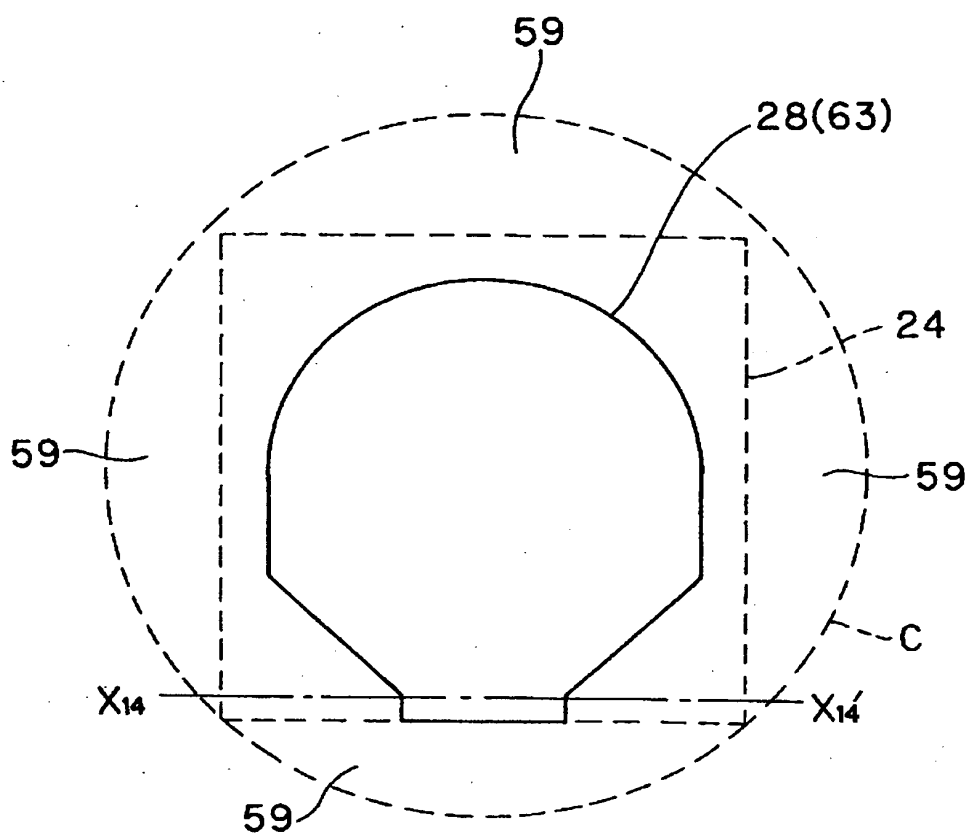


【図 29】

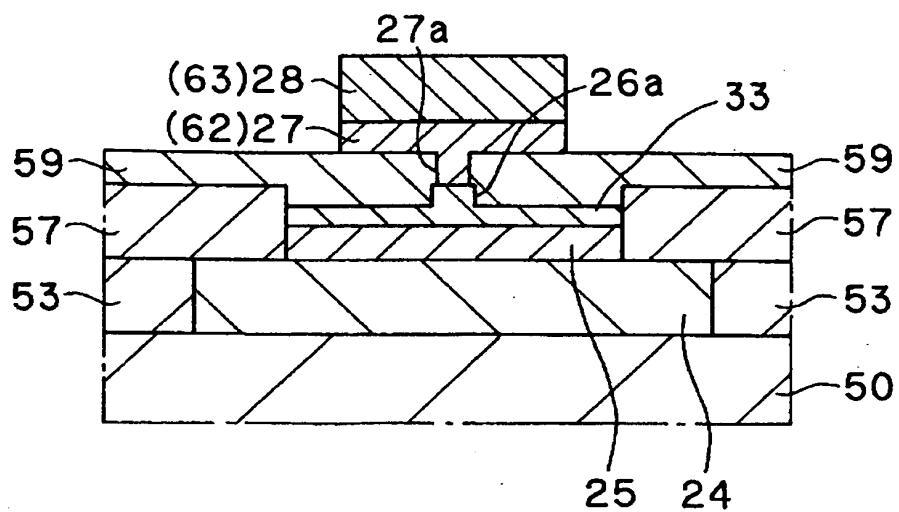


X₁₃-X₁₃' 断面図

【図30】

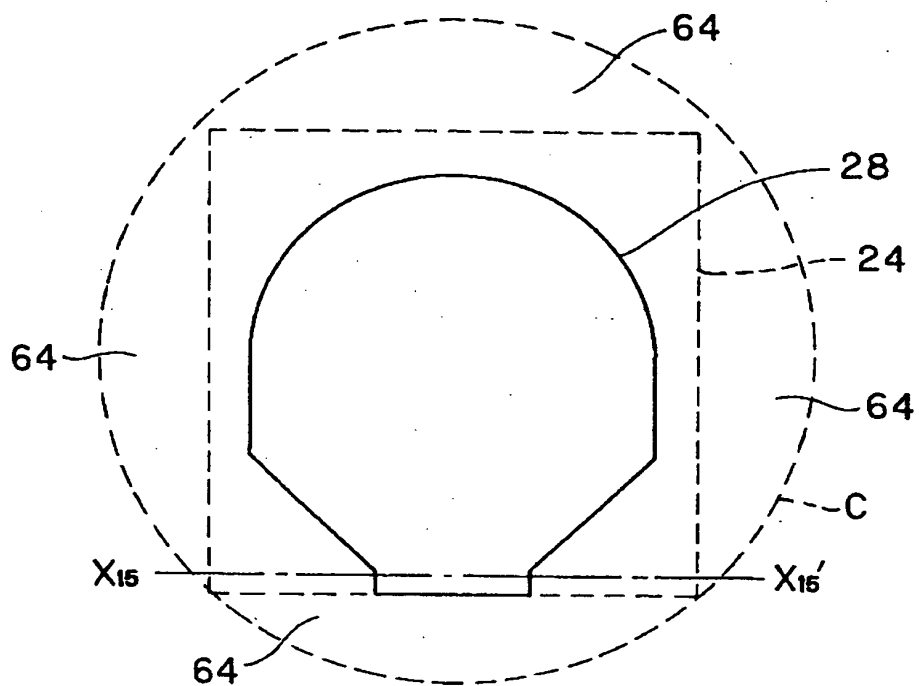


【図 31】

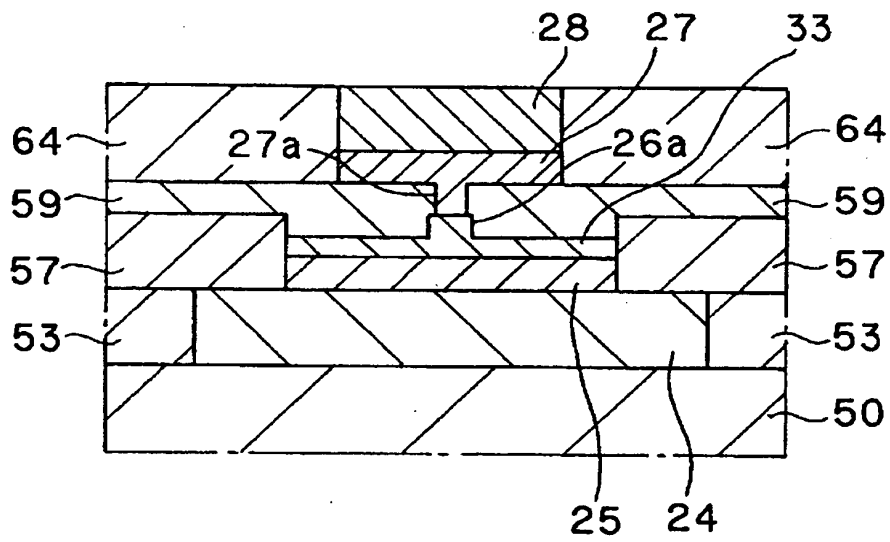


X₁₄-X₁₄' 断面図

【図 3 2】

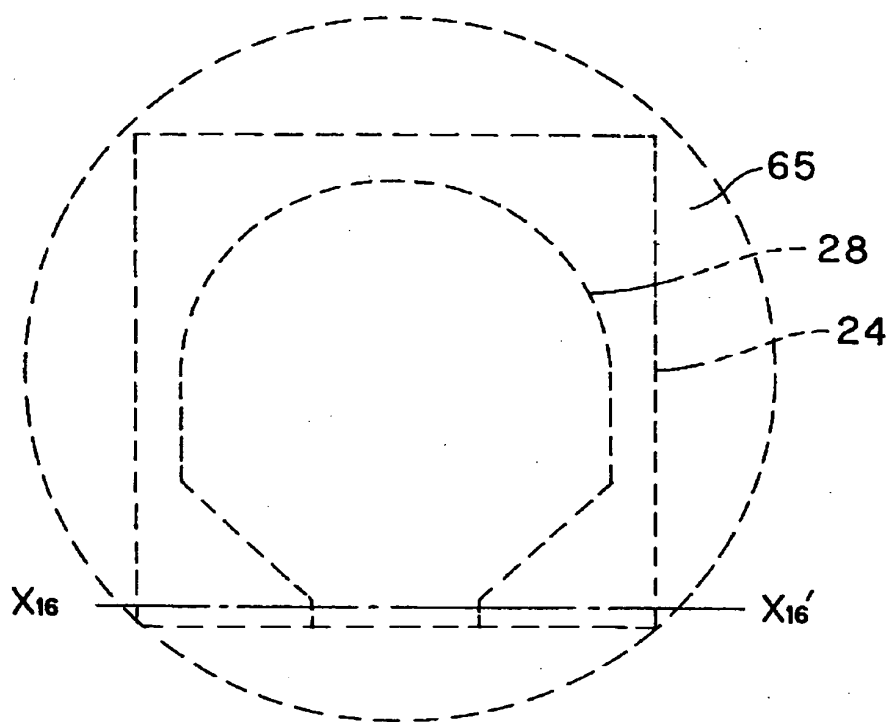


【図33】

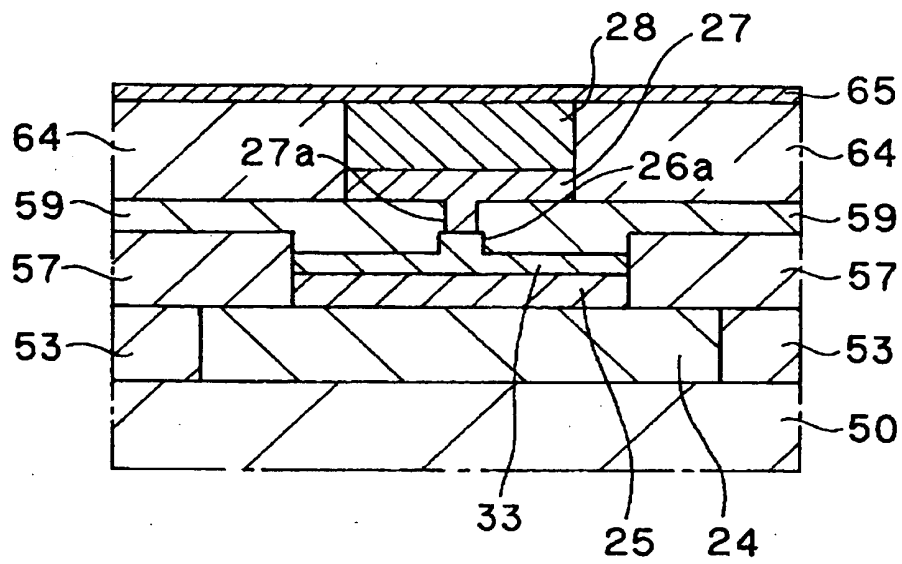


X₁₅-X₁₅' 断面図

【図 3 4】

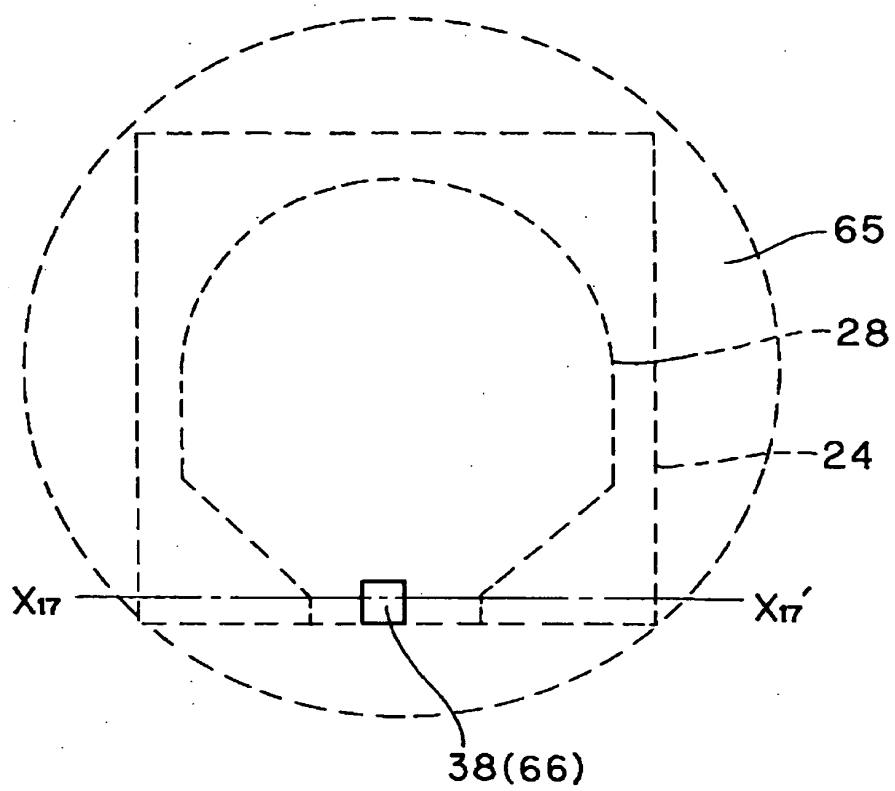


【図 35】

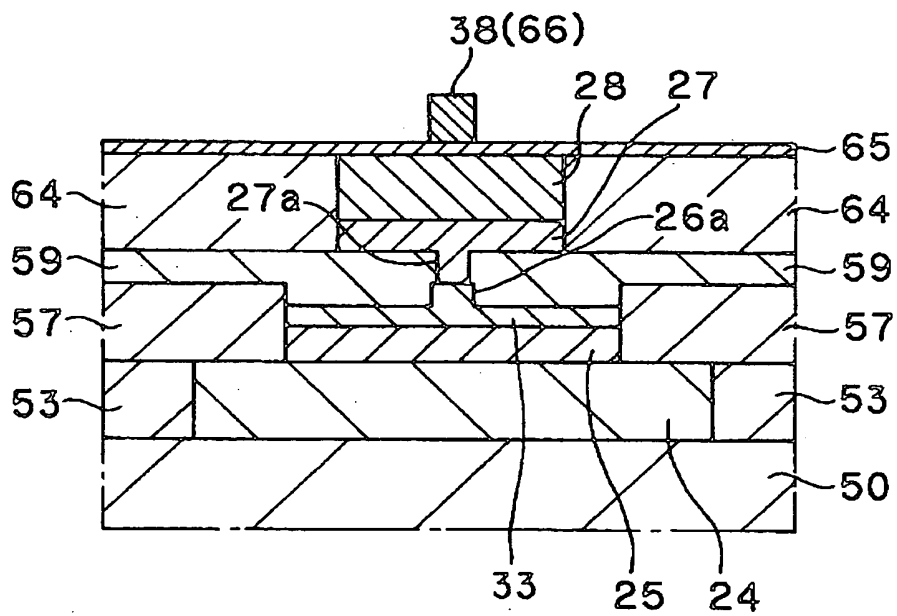


X₁₆-X₁₆' 断面図

【図 36】

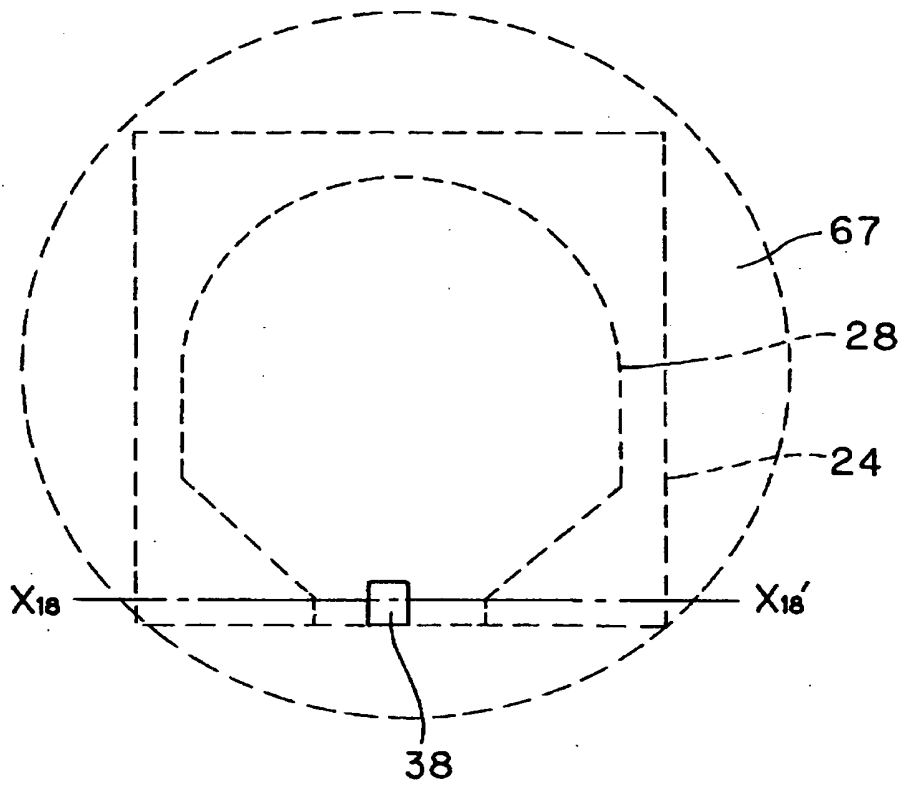


【図 37】

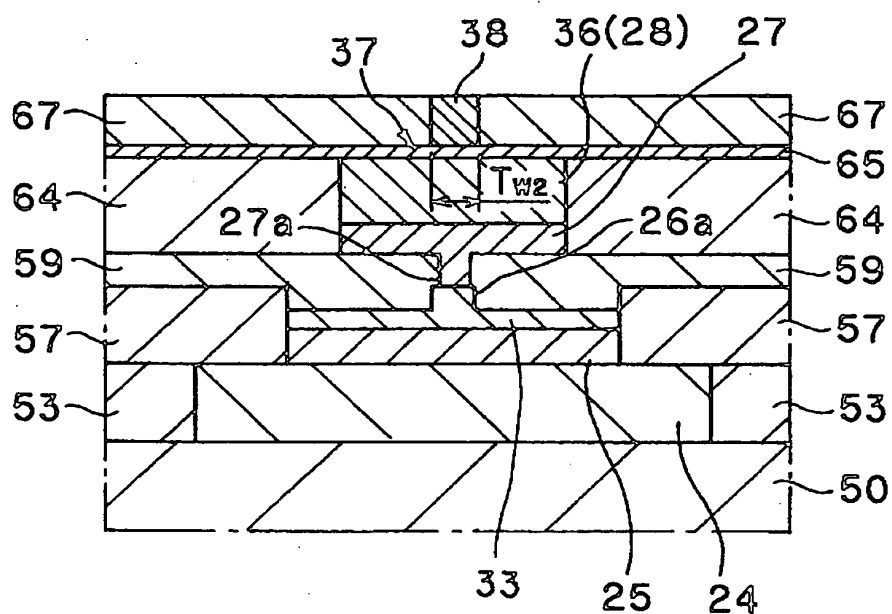


X₁₇-X₁₇' 断面図

【図 3 8】

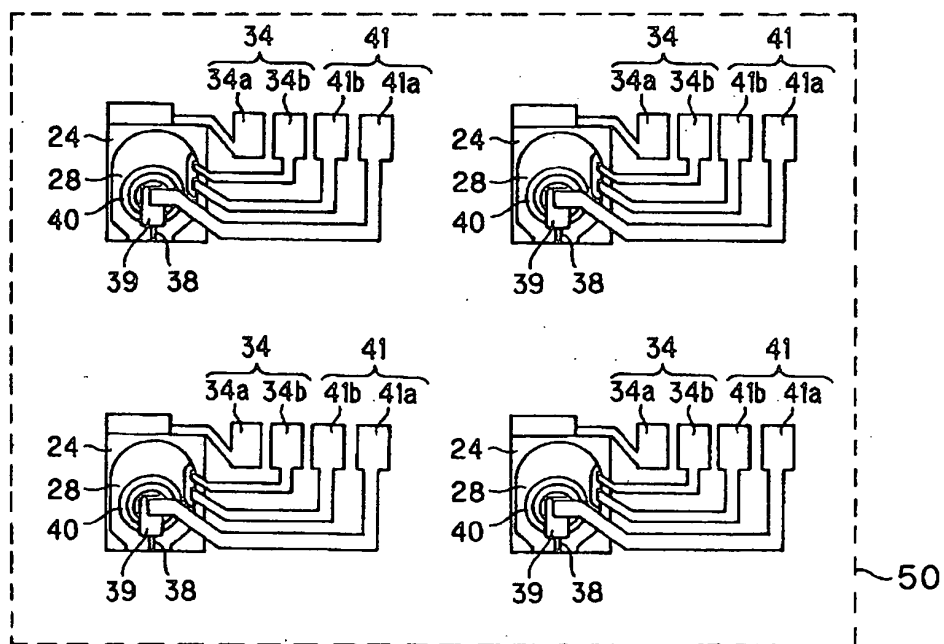


【図 39】

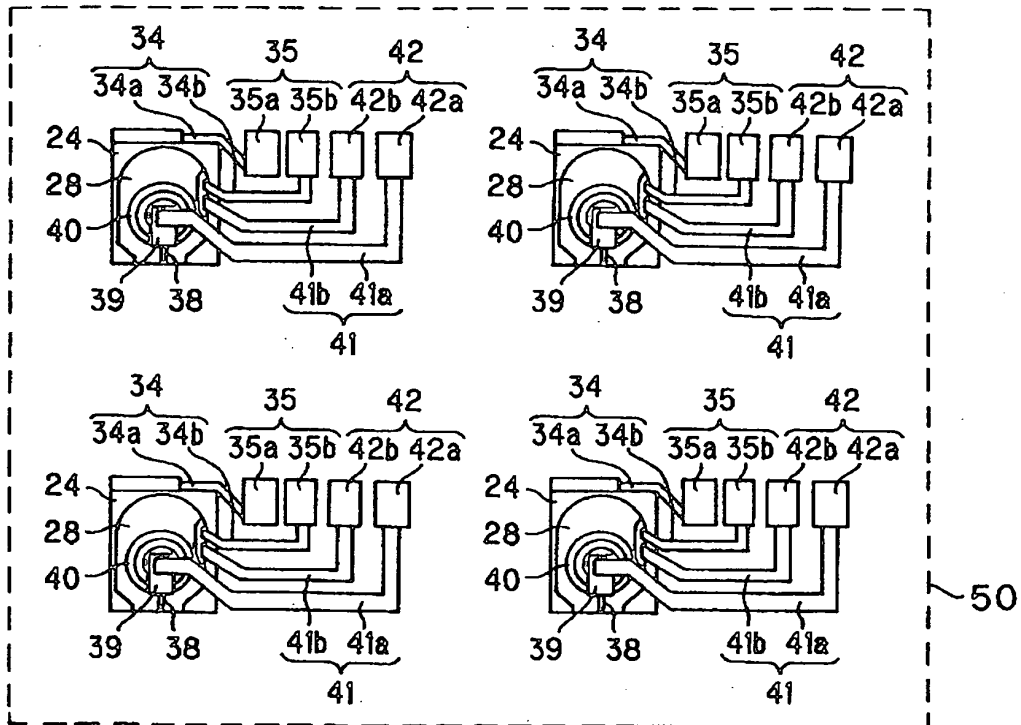


X18-X18' 断面図

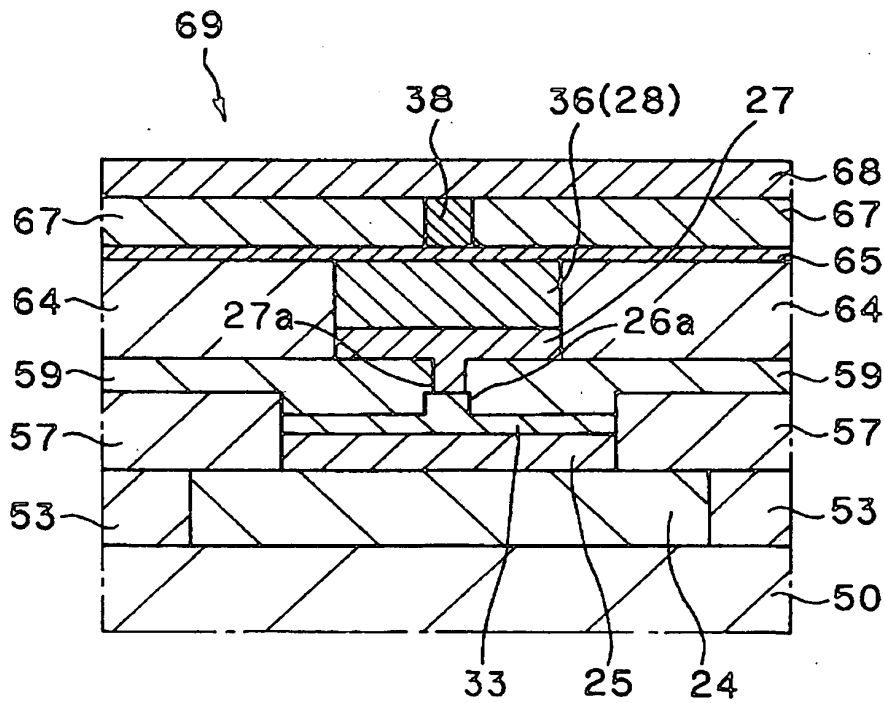
【図 40】



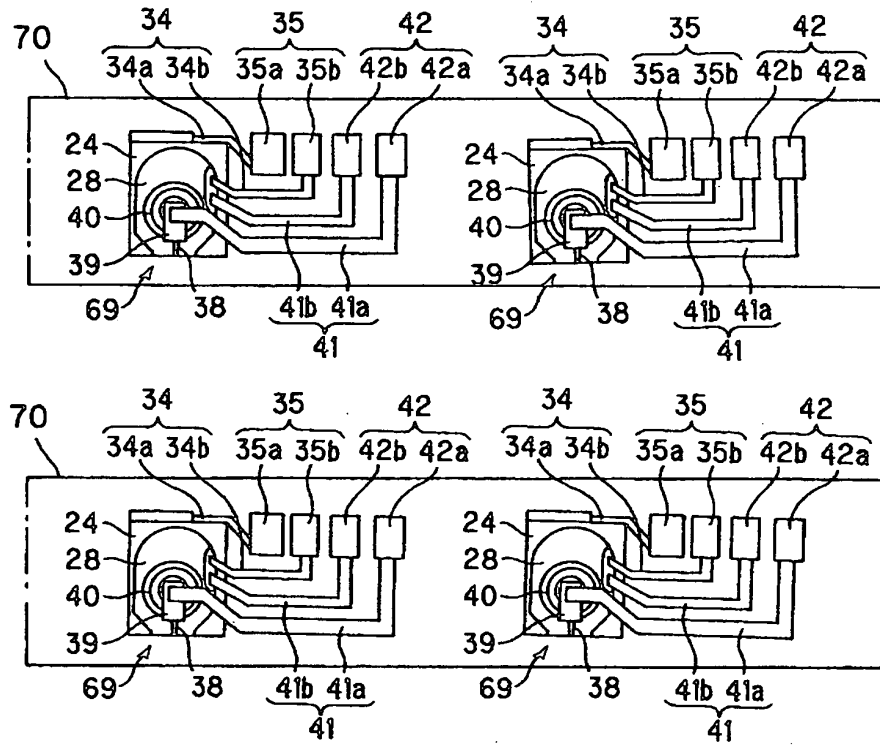
【図 4 1】



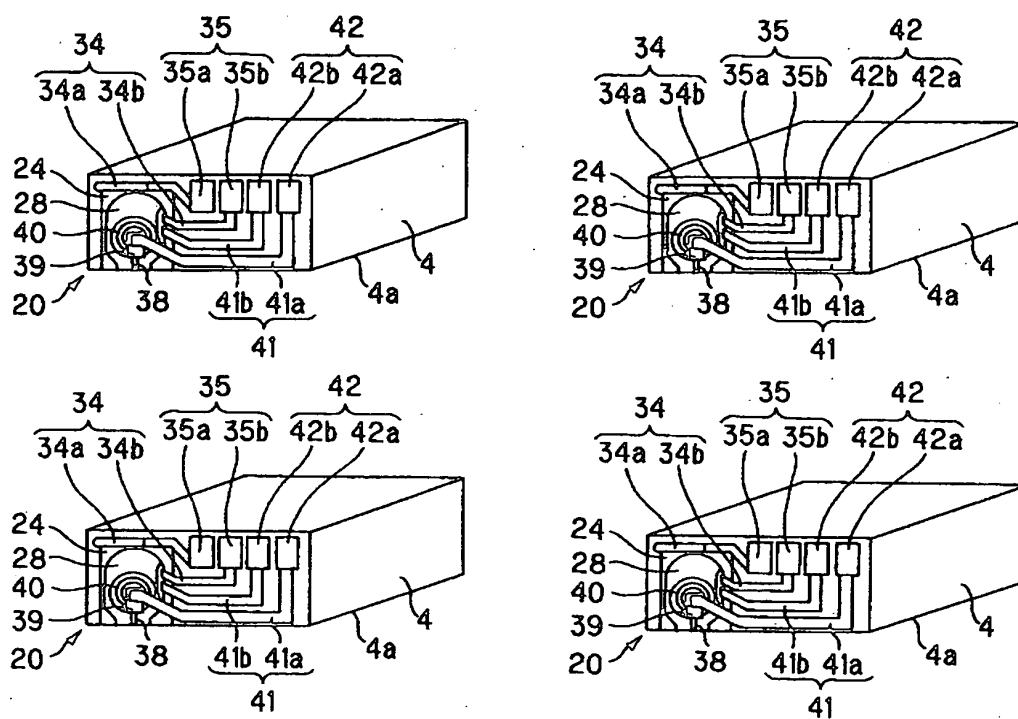
【図 4 2】



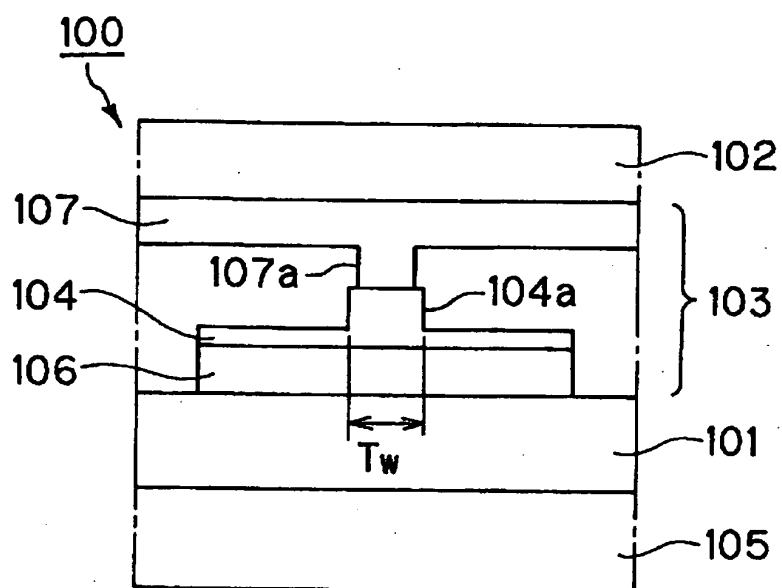
【図 4 3】



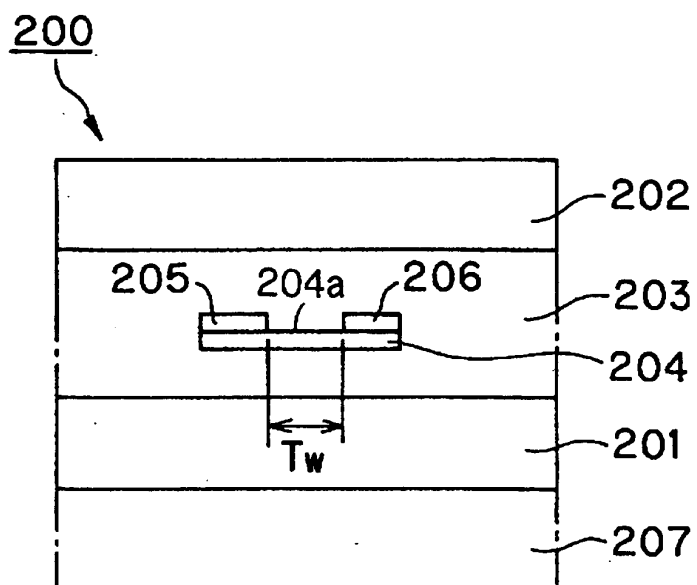
【図 4 4】



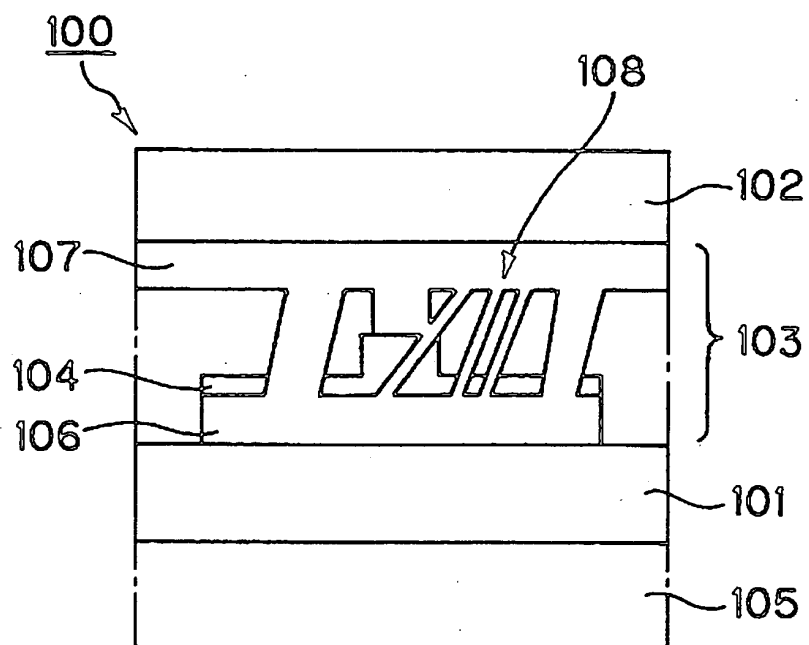
【図 4 5】



【図 4 6】



【図47】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 一対の磁気シールド層の間に導電性ギャップ層を介して磁気トンネル接合素子が挟み込まれてなる構造において、磁気記録媒体に対する良好な媒体対向面を得ることを可能とする。

【解決手段】 一対の磁気シールド層 2 4, 2 8 の間に導電性ギャップ層 2 5, 2 7 を介して磁気トンネル接合素子 2 6 が配されてなる磁気トンネル効果型磁気ヘッド 2 0 において、導電性ギャップ層 2 5, 2 7 は、T a, T i, C r, W, M o, V, N b, Z r のうちから選ばれる 1 種の金属単体を含有する少なくとも 1 層以上の非磁性金属膜からなる。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000002185]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都品川区北品川6丁目7番35号
氏 名 ソニー株式会社